

Optimalizace postupů napojení produkce a postprodukce VFX

BcA. Marcel Legindi

Diplomová práce
2017



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta multimediálních komunikací

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **BcA. Marcel Legindi, DiS.**
Osobní číslo: **K15311**
Studijní program: **N8209 Teorie a praxe audiovizuální tvorby**
Studijní obor: **Audiovizuální tvorba - Vizuální efekty**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **1.Teoretická část:**
Optimalizace postupů napojení produkce a postprodukce VFX.

2.Praktická část:
Audiovizuální dílo nebo tematický soubor audiovizuálních děl obsahující vizuální efekty, délka trikových záběrů minimálně 4 min.

Zásady pro vypracování:

1.Teoretická část:

Rozsah práce: minimálně 30 normostran textu bez započítání obsahu, rejstříku a obrazových příloh.

Formální podoba: 1 ks v pevné vazbě s popisem na hřbetu i horní desce spolu s CD-R. Dále 2 ks práce, které mohou být v kroužkové vazbě. Práci je třeba rovněž odeslat do knihovny UTB Zlín v elektronické podobě ve formátu pdf. a nahrát do příslušné složky na NAS-FMK.

Pokyny k vypracování: získejte, prostudujte a analyzujte dostupné materiály z profesního hlediska, zpracujte je formou srozumitelného, logicky strukturovaného textu a formulujte závěry včetně vašeho osobního názoru na dané téma.

2.Praktická část: Výstupní dílo:

a) 2 ks DVD ve formátu HD-video (PAL) s graficky upraveným bookletem.

b) Písemná explikace autorského záměru a použitých realizačních metod. Minimální rozsah: 2x normostrany.

c) V případě, že je dílo autorským počinem nebo není součástí praktické části SZZ studenta produkce, je nutné dodržet dále zásady: a - h (dle zadání praktické části práce na oboru Produkce). Tyto data odevzdává za projekt vždy jeden člověk nutná konzultace s vedením AAV.

Všechny odevzdávané materiály musí splňovat vnitřní technické normy AAV pro odevzdávání prací a musí být řádně popsány (jméno, název, logo fakulty, formát, rozlišení). Součástí závěrečné práce je vytištěný a podepsaný formulář "Údaje o diplomové práci studenta".

V samotné složce na AAV-NAS, označené "Podklady pro katalog FMK UTB ve Zlíně" odevzdejte v minimálním počtu 10 kusů obrazovou dokumentaci praktické části závěrečné práce pro využití v publikacích FMK. Formát pro bitmapové podklady: JPEG, barevný prostor RGB, rozlišení 300 dpi, 250mm delší strana. Formáty pro vektory: AI, EPS, PDF. Loga a texty v křivkách. V samostatném textovém souboru uveďte jméno a příjmení, login do portálu UTB, obor (ateliér), typ práce, přesný název práce v češtině i v angličtině, rok obhajoby, osobní e-mail, osobní web, telefon. Přiložte svou osobní fotografii v tiskovém rozlišení.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/umělecké dílo**

Seznam odborné literatury:

BIRN, Jeremy, 2014. [Digital] lighting. Third edition. San Francisco, CA?: New Riders. ISBN 03-219-2898-9.

GANBAR, Ron, 2014. Nuke 101: professional compositing and visual effects. 2nd edition. San Francisco: Peachpit Press. ISBN 03-219-8412-9.

CHRISTIANSEN, Mark, 2014. Adobe After effects CC: visual effects and compositing : studio techniques. Berkeley, California: Peachpit. ISBN 03-219-3469-5.

OKUN, Jeffrey A et al., 2015. The VES handbook of visual effects: industry standard VFX practices and procedures. New York: Focal Press, Taylor. ISBN 978-113-8012-899.

WRIGHT, Steve, 2010. Digital compositing for film and video. 3rd ed. Boston: Elsevier/Focal Press. ISBN 978-024-0813-097.

Vedoucí diplomové práce: **ak. mal. Boris Masník**
Ateliér Audiovize

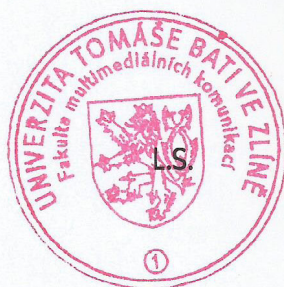
Datum zadání diplomové práce: **20. února 2017**

Termín odevzdání diplomové práce: **9. května 2017**

Ve Zlíně dne 20. února 2017

doc. MgA. Jana Janíková, ArtD.

děkanka



Bébarová
Mgr. Jana Bébarová
vedoucí ateliéru

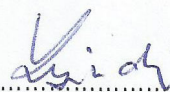
PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ/DIPLOMOVÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že

- odevzdáním bakalářské/diplomové práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že bakalářská/diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a bude dostupná k nahlédnutí;
- na moji bakalářskou/diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 ²⁾;
- podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – bakalářskou/diplomovou práci - nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování bakalářské/diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské/diplomové práce využít ke komerčním účelům.

Ve Zlíně

2.5.2017



Jméno, příjmení, podpis

1) zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47b Zveřejňování závěrečných prací

(1) Vysoká škola nevydělečně zveřejňuje bakalářské, diplomové, disertační a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy. Vysoká škola disertační práce nezveřejňuje, byla-li již zveřejněna jiným způsobem.

(2) Bakalářské, diplomové, disertační a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlázení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

(4) Vysoká škola může odložit zveřejnění bakalářské, diplomové, disertační a rigorózní práce nebo jejich částí, a to po dobu trvání překážky pro zveřejnění, nejdéle však na dobu 3 let. Informace o odložení zveřejnění musí být spolu s odůvodněním zveřejněna na stejném místě, kde jsou zveřejňovány bakalářské, diplomové, disertační a rigorózní práce, již se týká odklad zveřejnění podle věty první, jeden výtisk práce k uchování ministerstvu

2) zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní vnitřní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacího zařízení (školní dílo).

3) zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá vysvětlení pojmu optimalizace v oboru vizuálních efektů. Popisuje možné kroky v automatizaci napojení produkce a postprodukce děl, jejich přímý vliv na čas tvorby a rozpočet.

Klíčová slova: optimalizace, vfx, cgi, automatizace, vizuální efekty

ABSTRACT

The focus of this diploma thesis is to explain the idea of optimization within the visual effects industry. This diploma thesis describes the potential steps that can be made through automation, between production and post-production, and their direct influence on both time and budget.

Keywords: optimization, vfx, cgi, automation, visual effects

„Visual effects have allowed filmmakers to take us on journeys to places that have ceased to exist or that have never existed, and to see things that we could only imagine.“

Michael Fink

Poděkování:

Největší zásluhu na celém chodu oboru vizuálních efektů má pan Boris Masník, kterému tímto moc děkuji za vedení. Díky němu jsem zažil předpisové studium jako z filmu.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	12
1.1 OBECNÝ POJEM OPTIMALIZACE	12
1.2 KNOW HOW A PODSTATA CELÉ VÝROBY VFX JEDNOTLIVÝCH STUDIÍ	12
1 TEORETICKÁ ČÁST	15
2 NATÁČENÍ PODKLADŮ PRO TRIKOVÉ ZÁBĚRY	16
2.1 POROVNÁNÍ OKO VS. OBJEKTIV	17
2.2 KAMERA A JEJÍ PARAMETRY	18
2.2.1 Vzorkování	19
2.2.2 Bitová hloubka	22
2.2.3 Rozlišení	22
2.3 SVĚTLO + HDRI	24
2.4 GREEN SCREEN	25
2.5 SPRÁVA MATERIÁLŮ	26
3 TVORBA 3D ČÁSTI	30
3.1 CHARAKTER	30
3.1.1 Concept art	30
3.1.2 Sculpting + barvení	30
3.1.3 Retopologie pro rigging a tvorba uvw	31
3.1.4 Rigging	31
3.1.5 Animace	32
3.1.6 Simulace	32
3.1.7 Převod formátů	32
3.1.8 Materiály	33
3.1.9 Nasvětlení scény a rendering	33
3.2 TVORBA PROSTŘEDÍ	35
3.2.1 Tvorba mattepaintu	35
3.2.2 Tvorba prostředí + nasvětlení	35
3.2.3 Renderování do vrstev (ne pásů)	35
4 COMPOSITING	37
4.1 ZPRACOVÁNÍ MATERIÁLŮ Z KAMERY	37
4.1.1 Rotoskopie	37
4.1.2 Tracking 3d kamery	37
4.1.3 Keying green screenu	38
4.2 DORENDEROVÁNÍ SCÉN ZE 3D ČÁSTI S VYTRACKOVANOU KAMEROU	38
4.3 SKLÁDÁNÍ OBRAZU	38
4.4 VYVAŽOVÁNÍ BAREVNOSTÍ, JASU, KONTRASTU, OSTROSTÍ (POMOCÍ „Z“)	39
4.5 COLOR GRADING	39
5 ROZDÍL SOFTWARE NUKE VS FUSION VS AFTER EFFECTS	40

5.1	SROVNÁNÍ STRUKTURY	40
5.2	SROVNÁNÍ CEN	41
5.3	SROVNÁNÍ DOSTUPNOSTI VÝUKOVÝCH MATERIÁLŮ (ČAS PRO NAUČENÍ)	41
5.4	POROVNÁNÍ REÁLNÝCH NÁKLADŮ NUKE VS FUSION VS AFTER EFFECTS	42
II PRAKTICKÁ ČÁST		43
6	VÝZKUM – PRAKTICKÉ POSTUPY STUDIÍ.....	44
6.1	OTÁZKY:.....	44
6.2	ODPOVĚDI:.....	44
6.2.1	MPC – moving pictures	45
6.2.2	Polygon Bay (Prime focus)	45
6.2.3	UPP	45
6.2.4	Progressive FX	46
6.2.5	R.U.R.....	46
6.2.6	ČT – grafické oddělení	47
6.2.7	Magic Lab	47
6.2.8	Freelancer Ludvík Koutný	47
7	VÝSLEDKY VÝZKUMŮ	50
7.1	SROVNÁNÍ STUDIÍ.....	50
7.2	POPIS JEDNOTLIVÝCH SOFTWAREŮ A PLUGINŮ PRO RENDERING.....	51
7.2.1	Autodesk MAYA.....	51
7.2.1	Autodesk 3ds Max.....	52
7.2.2	Plugin Arnold	52
7.2.3	Plugin Vray	53
7.3	CENÍKY	54
7.4	ČLOVĚKOHODINA.....	55
7.5	PŘEDPOKLÁDANÉ NÁKLADY	55
III PROJEKTOVÁ ČÁST		57
8	OPTIMÁLNÍ ŘEŠENÍ TĚTO ČÁSTI PRODUKCE A NAPOJENÍ NA POSTPRODUKCI.....	58
8.1	ÚVOD	58
8.2	EXPERIMENT	59
8.3	VÝSLEDKY EXPERIMENTU.....	60
8.4	APLIKACE OPTIMALIZACE.....	61
8.5	ZRYCHLENÍ VÝROBY ÚSPORA NÁKLADŮ.....	64
8.5.1	Rendering	64
9	ZÁVĚR	66

9.1	DOPAD OPTIMALIZACE NA VÝROBU.....	66
9.2	BUDOUCNOST OPTIMALIZACE VÝROBY V UMĚLECKÝCH OBORECH	66
9.3	OTÁZKY A ODPOVĚDI	67
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	68
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	70
	SEZNAM TABULEK	71
	SEZNAM PŘÍLOH	72

ÚVOD

Od vzniku oboru digitálních vizuálních efektů uběhla již řada let, celé odvětví prosperuje a počítačově generovaného obsahu geometrickou řadou přibývá. V současnosti jsme ve stavu, kdy nabídka pracovních příležitostí přesahuje množství pracovní síly. S tímto fenoménem se nese celá řada pozitivních, ale i negativních důsledků. Vzdělaný a zkušený pracovník v oboru se velice cení, trh je však omezený, noví lidé přicházejí postupně, ne tak rychle, jako roste poptávka po CGI. Odpověď na tento problém, jak lidskou pracovní sílu nahradit, je optimalizace, kdy stejné množství pracovníků vykoná více práce. Na toto téma jsem se zaměřil a zkusím nastínit, jak by mohla řešení vypadat.

Celou mou práci provázejí pojmy, které jsou běžně užívány odborníky v oboru vizuálních efektů. Jelikož podrobné vysvětlení každého z pojmů může jednoduše obsáhnout polovinu této práce, rozhodl jsem se, že práci určím lidem, kteří o vizuálních efektech mají základní znalosti. Diplomová práce je zaměřena na napojení 3D charakteru do reálně natočeného záběru, který se dále digitálně upravuje. Ne všechny složky výroby jsou stejně důležité pro dosažení cíle, proto jim v této práci nevěnuji tolik pozornosti.

1.1 Obecný pojem optimalizace

Optimalizace výroby se prolíná napříč odvětvími. Je jednou ze základních hybných jednotek zisku v pokročilém stádiu produkce. V našem oboru, tedy audiovizuální tvorbě, jenž je složena z mnoha kroků výroby, může pomoci se snadnějším dodržením termínů a kvalitnějšími výsledky v rámci stávajícího rozpočtu. Dokonce může rozpočet redukovat. Uspadňuje technickou složku výroby tím, že ji automatizuje. Tvůrce se poté může velice snadno zaměřit pouze na kreativní část, která je základním elementem úspěchu projektu.

1.2 Know how a podstata celé výroby VFX jednotlivých studií

Výroba vizuálních efektů je složena ze 3 základních etap, jsou to pre-produkce, produkce a post-produkce. V pre-produkci lze optimalizaci využít velice omezeně, protože tato fáze je z velké části zaměřena spíše kreativně. Lze ji optimalizovat pouze v rámci tvorby knihoven, presetů a sběru dat, které jsou poté snadno dostupné a dohledatelné.

V produkci a postprodukcí vizuálních efektů je situace zcela odlišná. Mnoho částí výroby lze pomocí správných nástrojů a postupů zjednodušit na jednotlačítková řešení.

Například: každý z nás zná systém vrstev ve Photoshopu. Každou z daných vrstev chceme uložit jako jednotlivý soubor .png (nebo jakýkoliv jiný formát). Můžeme ukládat vrstvu za vrstvou pomocí skrývání všech ostatních, které uloženy být nemají. Nebo použijeme klávesu alt a vybíráme pouze vrstvu, kterou ukládáme. Anebo spustíme skript, který nám každou vrstvu uloží, a dokonce i automaticky ořeže (tento skript je již pěknou řádku let ve Photoshopu nativně). Pokud bychom těch vrstev ukládali kolem 10, rozdíl by byl nepatrný. Nicméně při tvorbě například digitálních loutek, mattepaintů nebo webových stránek může počet používaných vrstev snadno přesáhnout číslo 50, nebo 100. V takovém případě je úspora času enormní.

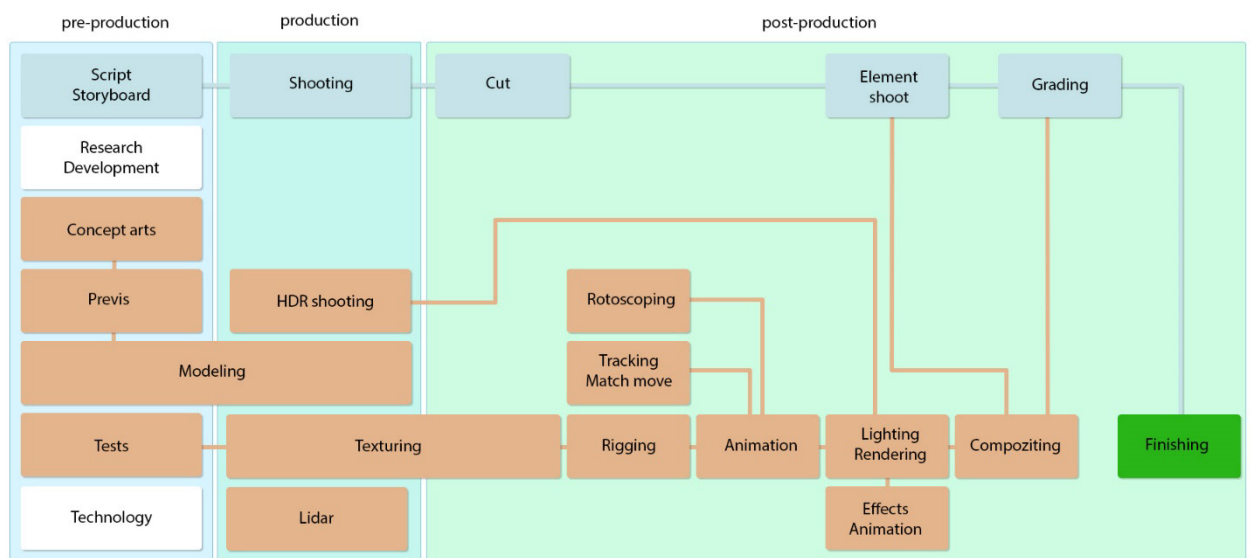
Teoreticky bychom optimalizace vůbec dělat nemuseli, protože postupy se lze naučit a všechny kroky jde zvládat rychle, ručně. Problémem je ale člověk samotný a jeho tendence dělat chyby. Chyby zvyšují náročnost výroby a rozpočet při jejich odstraňování. Technika chyby nedělá, pokud jí přesně řekneme, co potřebujeme. To je podle mého názoru základ práce s počítači. Ve většině případů se jako příčina chyby uvádí stroj, což může být pravda, ale častěji je chyba způsobena člověkem a jeho neznalostí elementárních prvků daného problému. Eliminace lidských chyb je dalším benefitem optimalizace výroby.

Uvedl bych příklad z mé praxe. Mnohokrát se mi ve fázi renderingu stalo, že jsem špatně nastavil výstupní formáty a elementy exportu. Pokud se to stane při jednom záběru, nic moc se neděje. Jenomže my jsme těch záběrů renderovali najednou 98 a v polovině z nich jsem vždy něco zapomněl. Asi si umíte představit, že nikdo nebyl příliš šťastný, když se fáze renderingu a rozpočtu zdvojnásobily. Po této zkušenosti jsem si vytvořil jednoduchý skript, který mi automaticky nastavoval render, jeho tvorba mi trvala mnohokrát déle, než nastavení renderů ručně, nicméně ve výsledku, kdy se záběry stále upravovaly a přerenderovaly kvůli požadavkům režie, se daný čas mnohonásobně zhodnotil. Stačilo stisknout tlačítko přiřazené danému skriptu, render a hotovo.

Podobných příkladů je v rámci produkce a postprodukce vizuálních efektů mnoho. Já se ve své práci budu soustředit na optimalizaci jejich napojení při realizaci výroby záběru složeného z 3D animované složky a reálně natočených podkladů. Zažitý model v mnoha studiích je totiž rigging a animace v Mayi, poté převod animace do alembic formátu, daný formát se importuje do 3ds Max studia nebo jiného softwaru, kde se animovanému modelu vytvoří materiál, světla a vyrenderuje se do jednotlivých složek obrazu. Rigging a animace jsou součástí produkce, rendering a compositing je již postprodukce. Nicméně nenechte se mýlit, tvorba VFX s dodanými daty spadá celkově až do postprodukce, je to možná trochu

zmatečné, nicméně pre-produkce, produkce a postprodukce vizuálních efektů je trochu rozdílná, když se porovná se stejnými částmi výroby audiovizuálních děl obecně. Pokud totiž mluvíme o faktické výrobě VFX v rámci filmu, bavíme se o postprodukcí, nicméně v produkční části VFX se vyrábí modely, rigguje se, animuje a mnoho dalšího.

Pro výzkum optimalizace napojení produkce a post-produkce vizuálních efektů jsem si jako testovací vzorek vybral velká evropská studia, velká česká studia a také českého freelancera, abych dokázal zhodnotit co největší spektrum tvůrců. Níže ukazuji schéma napojení částí pracovního procesu. V prvním řádku ukazuji klasickou natáčecí výrobní frontu pro porovnání časoprostoru.



Obrázek 1 - pipeline Vfx

I. TEORETICKÁ ČÁST

2 NATÁČENÍ PODKLADŮ PRO TRIKOVÉ ZÁBĚRY

Většinu práce studií pro vizuální efekty tvoří zpracování natočených podkladů, které se dále upravují a dotváří pomocí vkládání různých digitálně vyrobených elementů. Ať už jde o mattepainting, 2D, nebo 3D objekty, vždy je nesmírně důležitá samotná kvalita přípravy natočeného materiálu. K tomuto problému se pojí znalosti velké škály problémů, které při reálném natáčení mohou nastat. A samozřejmě to nejdůležitější, následná schopnost tyto problémy obejít a vyřešit nejlépe ještě předtím, než nastanou. Pokud se vše podaří a supervizor si správné natočení dat domluví se štábem, získá materiál, který je možné pohodlně použít jako podklad pro další trikové zpracování.

Každý trikový záběr je specifický a vzniká na základě komunikace mezi tvůrci díla a VFX supervizorem. Projednávají se klíčové momenty přípravy záběrů tak, aby případná post-produkční práce podpořila pochopitelnost, nebo čitelnost dějové linie. K tomu totiž vizuální efekty slouží v první řadě. Umožňují tvůrcům vyrábět projekty z jiných, neexistujících světů a míst s prakticky jakýmkoliv charakterem. Umožňují upravovat prostředí, atmosféry záběrů. Pomáhají zajišťovat bezpečnost herců, zlevnit celou výrobu filmů atd. Výhodu užití VFX ve vizuálních dílech jistě každý chápe. Díky tomu mohou vznikat díla, která běžně vidíme v kinech a na internetu. Každý z trikových záběrů se konzultuje, supervizor navrhne technické řešení. Je nesmírně důležité, aby se dané řešení připravovalo ve stadiu technického scénáře a poté previzu.

Dle Mat Becka je previz¹ rozšířený animatik. Vyrábí se na základě představ režiséra a kameramana a lze do něj zanést rychlosti a konkrétní vzdálenosti jednotlivých předmětů. Protože previz vzniká jako digitální medium, je v něm jednoduché udělat jakékoliv změny a naplánovat všechny složité záběry včetně umístění green screenů a světel. Tím se výrazně optimalizuje čas strávený na place přípravou záběrů a samotným natáčením. Jen bych zmínil, že ne každý tvůrce má detailní previz rád, proto někdy nebývá na škodu previz stylizovat, aby režiséra neomezoval a nerušil při práci s herci. I takto stylizovaný previz velmi dobře slouží pro technickou část natáčení podkladů pro VFX.

Když je previz celého díla hotov, nic nebrání natáčení samotného surového materiálu. Zde se VFX supervizor stará o zapisování polohy kamer a světel a sběru materiálů jako snímků

¹ Mat Beck OKUN, Jeffrey A, Susan ZWERMAN, Kevin RAFFERTY a Scott SQUIRES. *The VES handbook of visual effects*. (str. 57-75)

pozadí a sférických HDRI snímků pro zjednodušení nasvětlení scén, jež je nutné simulovat v postprodukcí. Dále má na starost správné umístění green screenu – což ve velké míře zná již z fáze previzu a jeho napnutí. Dohlíží na dodržování předem stanovených podmínek, a to jak finančních, tak i technických. Pokud je v rámci triku záběr nevhodně komponován, konzultuje tento problém s režisérem a hlavním kameramanem. Snaží se vždy najít optimální řešení, musí být psychicky odolný a velice komunikačně zdatný. Pokud totiž dokáže uspokojit uměleckou stránku tvůrců a technickou stránku pro postprodukcí, výrazně tím přispívá ke zvyšování kvality a snižování nákladů. Stará se o natočení scénické odezvy akcí i o natočení materiálů ke všem pomocným vrstvám kompozitingu. Obecně lze tedy říci, že čím je previz přesnější a detailnější, tím více možných chyb je eliminováno přímo na místě natáčení, což supervizorovi velice zpřehlední jeho pracovní povinnosti. Ve výsledku se na tom opravdu ušetří enormní částky za natáčeční dny navíc anebo za zbytečně velké stavby klíčovacích pozadí.

2.1 Porovnání oko vs. objektiv

Po přichystání previzů a nastavení všech technických parametrů, které lze vyčíst z přípravy, nastává samotné natáčení záběrů. VFX supervizor dává pozor, jestli vše sedí dle plánů. Nicméně zde číhá jedna nástraha. Totiž jediným kontrolním orgánem, který má vše na starosti, je oko. Pokud chceme chybu v tomto ohledu minimalizovat, je třeba počítat se samotnou chybou oka a jeho porovnáním s chybou techniky. Konkrétně, pokud se budeme dívat na nasvětlenou scénu vlastním okem, uvidíme o dost rozdílný obraz než z monitoru, ve kterém je vidět to, co snímá kamera. Tomuto displayi se ve filmařském slangu říká „odkuk“.

Oko samotné má totiž jiný systém fungování a obraz skládá stereoskopicky v mozku z jednotlivých obrazů za daný čas. Konkrétně to znamená, že obraz, který vidíme, je ve výsledku podobný HDR snímku z kamery. Je tomu proto, že mozek skládá obraz z levého a pravého oka a také v tu samou chvíli oko snímá více světelných podmínek zároveň. Tím pádem máme dojem, že toho oko samotné zachytí mnohem více. Je to stejné jako bychom vyfotili jeden přexponovaný a jeden podexponovaný snímek a přes vhodný blending mode je složili například ve Photoshopu. Vzniknou nám tedy detaily ve světlých i tmavých místech, a přesně to oko dělá. Proces skládání výsledného obrazu v mozku má svá úskalí, například některé optické klamy, anebo úhel a zaostření, kdy oko vidí ostře v plném barevném spektru pouze malou výseč, na kterou ostříme. Všechny tyto chyby a nedokonalosti

oka mohou mít dopad na zhodnocení chyb, které vznikají na green screenu nebo kulisách. Je tedy velice důležité se soustředit na obraz, který nám generuje kamera na displayi. Ten nám odkryje, anebo naopak schová chyby, jež se jeví oku při pohledu na celou scénu.

Informace k této části je výtah z kapitoly 4k + systems theory basics for motion picture imaging od Dr. Hanse Kieninga.²

Kamera, jak je zmíněno výše, funguje jiným způsobem. Světlo projde přes sérii čoček (objektiv), kde vznikají chyby podobné chybám oka, jako je disperze nebo vinětace. Poté světlo dopadne na čip složený z fotodiod. Tyto fotodiody generují elektrony podle intenzity dopadajícího světla a jakákoliv geneze elektronů znamená, že se generuje proud i napětí, které už rozpozná procesor a jejich hodnotu zapíše pomocí čísla do paměti. Jinak řečeno – je snímán digitální obraz. Celý proces je samozřejmě složitější, pro mou práci je nejdůležitější vědět, že stroj, pokud funguje technicky správně, pouze převádí odražené světlo na RGB daného pixelu. Čím je čip větší, tím má větší rozlišení a výsledný obraz je tedy detailnější. Oproti oku je však snímáný obraz více kontrastní, protože světlá nebo tmavá místa automaticky nenahradí jinak exponovaným snímkem. To je případně potřeba udělat v postprodukcí a generovat HDR snímky digitálně pomocí softwaru.

Zdroj: http://technet.idnes.cz/vime-proc-mate-na-fotkach-osklivy-sum-jak-pracuje-snimaci-cip-v-digitalu-1ni-/tec_foto.aspx?c=A070625_094646_tec_foto_jlb

2.2 Kamera a její parametry

Pro snímání obrazů trikových záběrů platí obecné pravidlo, které říká, že do postprodukce by měl jít obraz s co největším množstvím dat. Nicméně, pokud bychom toto pravidlo brali dogmaticky, neúměrně nám vzrostou nároky na hardware pro zpracování daného obrazu, tím myslím úložiště i výkon. Proto by se pravidlo dalo upravit a optimalizovat dle každého konkrétního záběru. Například tam, kde nepotřebujeme detail tváře s klíčovými vlasy ve větru není třeba tak obrovské množství dat. Popis jednotlivých kamer a jejich vlastností je

² OKUN, Jeffrey, Susan ZWERMAN, Kevin RAFFERTY a Scott SQUIRES. *The VES handbook of visual effects*. (str. 573)

mimo rozsah této práce. Já popíšu pouze část parametrů důležitých pro postprodukční práci. (Mechanické nastavení kamery a její výběr má primárně na starosti hlavní kameraman.)

Kromě níže zmíněných parametrů se na trhu objevila novinka, kamera, která dokáže v rychlosti až 300 snímků za sekundu snímat i z-depth mapu jako další vrstvu obrazu. Každý pixel si udržuje hodnoty RGB a jako bonus i vektor pohybu a vzdálenost od zdroje. Tím jej můžeme pomocí pointcloudu přesně umístit. O z-depth mapě se více rozepíšu v kapitole kompoziting. Nicméně ve zkrácené verzi to znamená, že v budoucnu se pravděpodobně velice omezí užití green screenu. Prozatím není známo, jak je daná technologie přesná, slibuje však evoluci a další zrychlení ve zpracování obrazu. Kamera i se serverem pro zpracování dat bude stát okolo 125 000 \$, což je přibližně 3 125 000 Kč.

Zdroj: <http://www.digitalartsonline.co.uk/news/motion-graphics/lytro-cinema-camera-lets-you-shoot-without-greenscreen-record-3d-refocus-while-editing/>

2.2.1 Vzorkování

Tady se chvíli zastavím, protože pro mě bylo vzorkování dlouho takový velice abstraktní pojem. Až na základě reálných ukázek jsem pochopil, o co jde. Abych nepobíhal kolem horké kaše, jde o magická tři čísla u rozlišení kamery: (4:4:4; 4:2:2; 4:2:0, 4:1:0).

Pro snadnější vysvětlení je třeba znát základní vlastnosti digitálního obrazu. Skládá se ze 3 kanálů: červeného, modrého a zeleného. Pokud je v jakémkoliv softwaru rozložíme, získáme černobílý obrázek, ve kterém jsou obsaženy hodnoty jasu daného kanálu. To je nejdůležitější informace, zbytek je odvozen. Jejich spojením poté získáme barvu daného pixelu. Na tuto problematiku se více zaměřím v následující podkapitole 2.2.2 Bitová hloubka. Nicméně když známe princip skládání obrazu, je třeba si uvědomit, že kamery mají komprimace, aby se data vešla na úložiště, a hlavně, aby kamera procesorově vůbec zvládla všechny informace zpracovat – za barvou každého pixelu je vcelku složitý vzorec a technika se jej snaží co nejvíce zjednodušit. Fotíme v raw formátech – je to pouze snímek a ten má 50MB. Točit v tomto formátu například 30 f/s je stále technicky neproveditelné, co se týče tak obrovských formátů jako jsou celovečerní filmy.

Zpět ke komprimaci, kamera využívá takzvané vzorkování, tím je velice zjednodušeně myšleno, že snímá celý obraz ale pouze jako jas. Získáme černobílý obrázek. A barvy doplňuje až na tento snímek – jakým způsobem je přidává, to vysvětlují trojčíferná čísla uve-

dená výše. Lze říci, že barevná složka obrazu není až tak důležitá pro oko (ostrost obrazu tvoří primárně černobílá složka – jas, nebo svítivost), barevnost je spíše důležitá pro další technické zpracování obrazu, např. klíčování. Obraz je tedy složen ze 3 složek YUV. Y – to je zmíněný jas, tuto složku a pouze ji využívají černobílé televize, ukládá se v plném rozlišení. UV je barevná složka, a právě ta je komprimována, nemá stejné rozlišení jako jas. Pokud se ptáte, proč jsou ta písmenka pouze 2 a ne 3, aby obsáhla všechny 3 kanály, tak protože to je pouze vertikální a horizontální rozměr rastru, který se liší od druhu snímá-cích čipů, viz. Obrázky. Většinou na 2 zelené body připadá modrý nebo červený bod. Bod je možná nepřesný pojem, ale jde pouze o to přiblížit fungování.

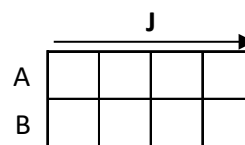
Se všemi vědomostmi jsme tedy konečně schopni pochopit, co daná čísla znamenají.

J:A:B

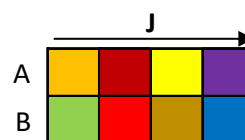
J = je šířka zkoumaného rastru

A = první řádek

B = druhý řádek



Vzorkování **4:4:4** znamená, že rastru širokém 4 body jsou v obou řádcích 4 uloženy barevné body. Ukázkový obrázek je znázornění pouze barevné složky, není zde přidána luma, tedy jas.

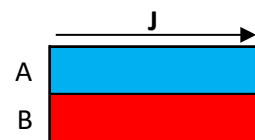


Vzorkování **4:2:2**, v rastru širokém 4 body jsou v obou řádcích pouze 2 uloženy body. Prakticky to znamená, že barevná složka bude mít pouze poloviční šířku a při přehrávání se natáhne na plné rozlišení. Opravdu je to stejné jako by se zmenšila pouze

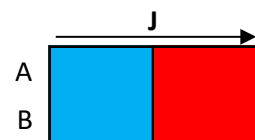


chroma na 50% v šířce – 2 různé obrázky, zatímco jas bude mít plné rozlišení, barevná složka bude pouze do poloviny obrazu. Po složení se barevná složka roztáhne na svou originální velikost.

Vzorkování **4:1:1**, celá barevná složka bude mít pouze čtvrtinovou šířku. Výška zůstává stejně velká jako jas.



A konečně vzorkování **4:2:0**, celá barevná složka bude poloviční ve své šířce i výšce, obraz bude celkově čtvrtinový.



Využití těchto znalostí je snad již velice zřejmé. Pokud klíčujeme a chceme mít klíč přesnější a detailnější, potřebujeme více informací v barevných kanálech a pokud bude kamera s rozlišením 2K, ale YUV pouze 4:2:0, bude klíč pravděpodobně velice nepřesný-slitý po okrajích, hlavně co se vlasů a podobných detailů týče. Na druhou stranu, pokud natáčíme podklad pro následné doplnění o 3D objekty, určitě nepotřebujeme takové detaily jako v YUV 4:4:4, mělo by stačit 4:2:2, když tedy není důraz kladen na trackování pohybu kamery.

Zdroj: <https://forums.creativecow.net/thread/2/998601>

<http://www.personal-view.com/talks/discussion/6144/easy-video-explaining-444-422-and-420-for-noobs/p1>

<http://www.red.com/learn/red-101/video-chroma-subsampling>

<http://www.telairity.com/assets/downloads/Digital%20Color%20Coding.pdf>

http://www.poynton.com/PDFs/Chroma_subsampling_notation.pdf

Image compression/File formats for post-production. Florian Kainz, Piotr Stanczyk.³

³ OKUN, Jeffrey, Susan ZWERMAN, Kevin RAFFERTY a Scott SQUIRES. *The VES handbook of visual effects*. (str. 558)

2.2.2 Bitová hloubka

Navazuji na odstavec v bodu 2.2.1 – Vzorkování. Jak jsem již podotknul, digitální obraz se skládá z RGB kanálů. Když je separujeme, vzniknou 3 obrazy rozdílné svou intenzitou bílé. Jednoduše řečeno, kde je v obraze nejvíce zelené, tam je v zeleném kanálu nejvíce bílé. Kvalita obrazu je tedy primárně určena hodnotou, která představuje počet stupňů šedé mezi naprosto černou a plně bílou. Opět je to velice zjednodušené, protože naprosto černá a bílá je jen iluze našeho oka. Pokud se podíváme do slunce uvidíme velký bílý kotouč. Když bychom se však podívali přes svářečské brýle, uvidíme opravdu malý bod v dálce, což je reálná velikost slunce, vzhledem k naší zemi. Pomineme-li omezení oka, je zde určitý počet stupňů šedé mezi černou a bílou a tomu se říká bitová hloubka. Počet bitů reprezentuje digitální informaci o čísle. Například klasická 8mi bitová hloubka odpovídá 2^8 barev v každém kanále. Což je konkrétně 256. 0(černá) až 255 (bílá). Možná se zdá 256 odstínů dost, nicméně ve chvíli, kdy chcete s obrazem pracovat ve větších extrémech, z jednotlivých kanálů získávat masky anebo vytvářet ze dne noc, narazíme na omezení. Tím jsou artefakty, které vypadají jako pruhy – děje se to hlavně v, na první pohled hladkých, gradientech.

Je to jednoduše tím, že jsme se snažili odstíny mezi 180-185 natáhnout na celou škálu 256 odstínů, ale ty informace (další odstíny v dané bitové hloubce) zde prostě nejsou. Proto vznikly formáty, do kterých kamery ukládají 10bitů, nebo 12 bitů v každém kanále. Obecně se dané bitové hloubky sčítají – tím se udává celková bitová hloubka. Například $8+8+8 = 24$ čemuž se říká true color. Pro nás je důležité, že čím větší bitová hloubka je, tím více informací o barvách máme a tím lépe s nimi půjde v postprodukcí pracovat, popřípadě je separovat.

2.2.3 Rozlišení

Rozlišení obrazu je po pochopení bitové hloubky a vzorkování už jen třešnička na dortu. Je to prostý rozměr obrazu v pixelech. Nicméně čím vyšší rozlišení, tím vyšší datový tok. Přeci jen každý pixel nese své vlastní informace o barvě. Současně se velice prosazuje názor, že čím vyšší rozlišení, tím kvalitnější obraz. Já osobně s tím vůbec nesouhlasím, a vysílání anebo televize ve 4K mi přijdou už pouze jako marketingový tah prodejců.

Při tvorbě vizuálních efektů se však vysoké rozlišení používá a je velice užitečné, hlavně pro klíčování a trackování pohybu. Nicméně poté se obraz stejně zmenšuje na optimální 2k – lépe se s ním pracuje. Dave Stump říká, že v digitální kinematografii⁴ nástrahy vysokého rozlišení netkví pouze v množství dat z natáčení, ale například v simulacích partikul, zde rostou data s rozlišením exponenciálně. Navíc oko samotné na velké televizi už v pohybu tolik detailů nerozliší a jsou spíše rušivé.

Tabulka používaných rozlišení:

HDTV - high definition television	
HD720p	1280 x 720 p
full HD1080p	1920 x 1080 p
UHDTV - ultra high definition television	
4K	3840 x 2160 p
8K	7680 x 4320 p

standart	poměr stran	šířka	výška	% z web uživatelů
4K UHD	16:9	3840	2160	n/a
8K UHD	16:9	7680	4320	n/a
CGA	4:3	320	200	
FHD	16:9	1920	1080	13,69
HD	~16:9	1360	768	2,39
HD	~16:9	1366	768	30,05
HD+	16:9	1600	900	5,99

Tabulka 1 - rozlišení

Neduhy vysokého rozlišení jsou vidět hlavně při rychlých pohybech, kdy obraz opticky „cuká“, protože televize mívají softwarové doostřování. Tento jev se mě osobně zdá často rušivý i v kinech. Domnívám se, že kvalita obrazu není závislá na rozlišení, ale na jeho čitelnosti a plynulosti.

Zdroj: https://en.wikipedia.org/wiki/Display_resolution#Televisions

⁴ OKUN, Jeffrey, Susan ZWERMAN, Kevin RAFFERTY a Scott SQUIRES. *The VES handbook of visual effects.*(str. 232)

2.3 Světlo + HDRI

Přes všechny technické znalosti obraz netvoří pouze čísla, ale hlavně umělecký záměr. O tom rozhoduje hlavní kameraman a režisér, vše ostatní jsou pouze prostředky, jak daného cíle dosáhnout. Pro dosazování jakýchkoliv sekundárních objektů v postprodukcí je třeba mít vycvičené oko a cit pro barvy a také možnost zkoumat, jak se chová atmosféra přímo na místě natáčení. 3D modely dosazované do obrazu potřebují vyrenderovat se správným nastavením světel, aby výsledný obraz byl jako celek nenarušený přílišnými dokonalostmi renderovaných objektů. Supervizor může sbírat údaje o zdrojích světla, nicméně tato strategie často obsahuje skrytou lidskou chybu. Naštěstí byla vyvinuta technologie, která nám pomůže problém s nasvětlením optimalizovat. Tou jsou HDR snímky místa natáčení. Je to jeden jediný obrázek, nejlépe 360 stupňový, ve kterém je maximální možné množství informací o barvách z místa natáčení.

HDR – High definition range, zkratka, která znamená, že snímek obsahuje i údaje o barvách, jež oko bez digitální úpravy obrazu nerozezná. Dříve v práci jsem zmínil přirovnání se sluncem. HDR snímek má všechny informace o barvě záře i jeho intenzitě. Je to 32bitový snímek, pomocí kterého jednoduše zvyšování a snižování intenzity jasu dokážeme rozpoznat například modrou oblohu, i když se na snímku jeví přexponovaně a bíle. HDR snímek vzniká stejně tak, jako zpracovává informace mozek, z oka, pomocí skládání různě exponovaných obrazů. Pokud je v jednom přexponované nebe, v druhém bude správně exponované, nicméně například zem bude silně podexponovaná. Pokud tyto dva snímky spojíme. (Funguje to stejně jako vložení snímků do photoshopu, vytvoření masky pro zem a pro nebe a daným polovinám se správně upraví jas a spojí se) Zachová se pro určitý jas množství informací o barvě. Takové snímky se využívají hlavně pro nasvětlení, protože renderery dokáží svítit danou HDR mapou. Je to vlastně stejný proces, jako bychom do scény přidali například 100 světel o různé intenzitě a barvě. Nicméně to za nás vytvářejí algoritmy rendererů automaticky. Z těchto snímků lze také využít data pro matte-paining nebo retuše. Jako pomoc pro nastavení světel se ve scéně fotí barevná stupnice a bílá polystyrenová koule. Na bílé lze totiž dobře vidět všechny barvy odraženého světelného spektra a navíc jeho intenzita. Stejná bílá sféra se vytvoří i ve 3D a tyto dva objekty se poté porovnávají.

Na 360 stupňové snímky jsou buď speciální zařízení nebo software, který nám množství fotek do této podoby převede. Co je lepší používat záleží na produkci a množství financí, rozhodně rychlejší je specializované zařízení. Například <https://www.panono.com/en>. Sa-

mozřejmě HDR snímky se využívají i pro odlesky u lesklých objektů přidávaných post-produkčně.

<https://www.freeflyvr.com/360-degree-cameras-videos-virtual-realty/>

Pokud bychom ale nechtěli přímo 360 stupňovou kameru, je možnost pomocí návodů a speciálního software takovou fotku složit. Stačí k tomu obyčejný fotoaparát a stativ.

2.4 Green screen

Ve chvíli, kdy jsme zvolili správné rozlišení kamery, můžeme se zamyslet nad použitím green screenu. Tento pojem neznamena nic jiného než klíčovací pozadí, nejčastěji se pro film využívá zelené nebo modré, na jeho barvě až tak nezáleží, mělo by prostě být doplňkové barvy, než jsou objekty, které se mají ze záběru vyřezávat. Pokud bychom chtěli vyklíčovat postavu v zeleném oblečení, využijeme modrou a naopak. Ano, doplňková k zelené je červená, ale kůže samotná má v sobě také hodně červené, takže ta by zase tolik optimální volbou nebyla. Další teoretickou možností, jak pracovat s barvami je zelené klíčovací pozadí a šaty, nebo jakýkoliv jiný objekt, který budeme následně vyřezávat, udělat červenou. Postprodučně není problém z červené změnit barvu na libovolnou.

Nejoptimálnější je postavit klíčovací pozadí bez viditelných vad, jako stíny, světelné přechody nebo nerovnosti vzniklé pokrčením. Aktuálně je na trhu množství materiálu, které tyto chyby eliminují. Když se ale podíváme na making of některých amerických trháků, ani tam klíčovací pozadí není dokonalé. Setkal jsem se s postupem, kdy se nejdříve retušuje klíčovací pozadí (odstraňují se chyby), až poté se tvoří klíč samotný. Když jsem se učil o klíčování, nebyl jsem si jistý pojmem „klíč“. Je to, jinak řečeno, černobílá maska, ve které jsou správně vykreslené vlasy a podobné detaily.

Pro správné fungování klíčovacího pozadí je důležité jeho správné nasvětlení, což už je samo o sobě věda. Velice dobře se zde dají uplatnit poznatky z kapitoly oko vs kamera. Když se na green screen podíváte okem, uvidíte všechny nerovnosti a chyby, nicméně přes display kamery takové detaily vidět nejsou. Děje se tak například, protože se ostří pouze na objekt, který je od klíčovacího pozadí dost vzdálen. Bill Taylor také poznamenává, že některé externí stavby klíčovacího pozadí lze točit pouze v určitou denní dobu, protože poté

vzniká špatné světlo, anebo stíny⁵. V mém případě se green screen využívá k vykličování postav, za které chci nasadit 3d model.

V amatérských podmínkách nám stačí prakticky kus zelené látky a poté si dávat pozor, aby oblečení klíčované postavy nebylo stejně barevné jako klíčovací pozadí. Z mé zkušenosti látka není špatná volba – když se navlhčí rozprašovačem prakticky sama se napne. Uskalič může být jediné vítě, čemuž je nutné se vyvarovat.

2.5 Správa materiálů

Nejrychlejší cestou, jak najít soubor nebo část projektu, se kterým chceme pracovat, je jej vůbec nehledat. Místo toho by bylo mnohem lepší přesně vědět, kde je, i když jsme projekt již několik měsíců neotevřeli. Nebo říci kolegovi, kde má hledat rozpracovaný záběr a jeho zdroje. K optimalizaci této problematiky lze přistupovat z více stran, jako první bych rád uvedl to nejzákladnější a nejjednodušší rozhraní, a tím je pojmenovávání složek/souborů/vrstev.

Každý operační systém je založen na hierarchii řazení digitálních dat pod sebe a je nepodstatné na základě jakých kritérií. Nejvíce známé a používané je řazení dle názvu. V názvu mohou být znaky nebo čísla, systém rozezná, co je co a data pod sebe buď v numerickém, nebo abecedním pořadí srovná. V tomto řazení však nastávají jisté chyby, například když více slov začíná stejným písmenkem nebo stejnou číslicí – což je větší problém. Při řazení podle názvu se při shodě prvních, nebo dalších písmen v pořadí, řídí následujícím, až dojde do bodu, kdy název končí. Tento jev není až tak problematický, přeci jen systém je pochopitelný. Problém nastává u čísel, kdy si například chceme správně seřadit jednotlivé trikové záběry. Protože pro systém často bývá problém rozeznat 1,10,100,1000 ... atd. Je to tím, že se řídí vždy prvním znakem. Abychom předešli těmto jevům, musíme si uvědomit, že počítač nikdy nic nevymyslí sám, je třeba mu vše říci. Proto, pokud chceme, aby rozeznával jednotky i tisíce, je třeba mu určit o kolika řádové číslo se jedná. Což je v zásadě velice jednoduché. Pokud číslo zapíšeme ve formě 0001, 0010, 0100, 1000... počítač přesně ví, co je 1 a co 1000. Na tento systém jsou velice citlivé například After Effects.

⁵ OKUN, Jeffrey, Susan ZWERMAN, Kevin RAFFERTY a Scott SQUIRES. *The VES handbook of visual effects*. (str. 97)

Ale vraťme se k základní tézi. Rádi bychom co nejjednodušeji vytvořili systém v pojmenovávání dat. Nikde jsem nenašel dost relevantní údaje o tom, co je neoptimálnější, a tak jsem zkoušel a došel k závěru (asi po 2 letech), že nejlepším způsobem je pojmenovat projektovou složku tak, že začneme datem a poté napíšeme název, místo mezer používáme podtržítka. Důležité je nepoužívat interpunkci, některé aplikace je převádějí do hexadecimálních znaků nebo si s nimi těžko poradí, navíc, pokud bychom psali skript, tak s tím mohou být potíže. Myslím, že R = rok, M = měsíc, D = den, každý poznal.

RRRR_MM_DD_nazev_projektu

Například: 2017_01_20_Diplomova_prace

Další úroveň je rozřazení skupin zdrojů jako například zadání, textury, modely, compositing atd. Vyzkoušel jsem si, že tento systém nejlépe funguje také pomocí číslování, protože někdy je třeba určit vizuální prioritu názvům začínajícím na „Z“. Čísla budu označovat zástupným znakem #.

##_nazev_zdroje

Například: 00_zadani; 01_2D_zdroje

Další řazení už závisí na každém z nás, můžeme dělat složky například pro každý záběr zvlášť nebo jejich skupiny, nedůležitější je, abychom systém uchovávali stále, napříč projekty. Jedině tak dosáhneme naprostého přehledu co, kam patří a kde položky projektu hledat.

Posledním krokem je pojmenovávání dat, která mají mnoho zdrojů, jako například záběry. Dlouho jsem řešil, jak je pojmenovat, abych měl možnost mít více verzí stejného záběru, jak záběry přidávat a zároveň mít stále přehled co k čemu patří. Vyvinul jsem si tedy systém, kdy dle počtu souborů tvořím nejdříve číslo skupiny, poté číslo souboru samotného, následně verzi daného souboru a konečně název.

číslo skupiny číslo souboru číslo verze

##_#####_##_nazev_zaberu

Tímto systémem mohu mít 99 skupin záběrů, 9999 záběrů a každý z nich má možnost mít 99 verzí. Věřím, že ve velkých projektech budou muset mít čísla například o řád nebo dva více, nicméně pro malé a středně velké subjekty, jako jsem já, tento systém vždy bohatě stačil.

Například:

00_001_00_zaber1;

00_001_01_zaber_1B;

00_002_00_zaber_2;

00_002_01_zaber_2B

00_002_02_zaber_2C

Každý si samozřejmě může vytvořit vlastní systém, důležité je ho dodržovat napříč celou tvorbou. Po nějakém čase, když budeme chtít vyvíjet nástroje pro optimalizaci, bude pojmenovávání cest k souborům hrát klíčovou roli. Například: Všechny záběry ze skupiny 2 přebarvit pomocí nástroje XYZ s nastavením YY. Jedno kliknutí a 150 záběrů je hotových.

Také se vám stalo, že po vyrenderování nebo přeuložení dat pomocí nějakých nativních nástrojů vznikly soubory s názvy, které byly příliš dlouhé nebo měly znaky a slova navíc? A nejhorší je, když je těch souborů tak 200, že ano?

Například:

Ps_12_24_tonda_ruka_L0002jpg.png

Nejrychlejším možným řešením, které jsem našel je Total Commander a jeho funkce přejmenování. S jeho rename utilitou vyberete například počet znaků, které se smažou ze začátku, poté které odstraní z konce, následně smažete čísla a nahradíte trojmístnými přímo v další funkci stejné utility Total Commanderu. Teoreticky je možné 200 souborů přejmenovat asi za 40 sekund. Nakonec vznikne soubor s názvem:

tonda_ruka_L_002.png

Další možnosti jsou automatizované systémy a time managery jako je Shotgun. Pomůže vám sledovat průběh projektů, můžete s ním zapnout render, podívat se na dílčí práce, delegovat úkoly a mnoho dalšího. Nicméně je zpoplatněn. Já sám s ním prozatím zkušenosti

nemám, ale je jisté, že každá větší společnost podobný systém využívá. Některé si vytvářejí své vlastní.

Zdroj: <https://www.shotgunsoftware.com/>

3 TVORBA 3D ČÁSTI

Nastává okamžik, kdy jsou všechny práce na poli reálného snímání záběru hotovy, supervizor přesně ví, co se bude tvořit a další kolegové začínají nad technickým scénářem vymýšlet a zpracovávat jednotlivé kroky tvorby VFX efektů.

3.1 Charakter

Tvorba charakteru (a nejhůře fotoreálného) je i v roce 2017 velikou výzvou. I když se každým novým filmem přibližujeme k nerozeznatelnosti digitálního člověka od toho reálného, stále není vzhled naprosto fotoreálný. K dokonalosti nás přibližuje mnoho nových nástrojů jako Motion Capture, nové materiály simulující prostup světla pod kůží (Sub-surface - scattering), nové metody simulace kůže samotné a prokluzování kůže na svalech, až po novou technologii rigování. Stále je však před námi velký kus cesty, než budou digitální lidé nerozpoznatelní od reálně natočených.

3.1.1 Concept art

Ještě před natáčením, při tvorbě technických scénářů, umělci tvoří charakter a vizuál prostředí a postav. Tento bod je v pre-produkci a závisí na něm stavba kulis i modelování jednotlivých položek pro tvorbu VFX. Designéři se zaměřují na sběr dat a poté tvorbu uvěřitelných designů zapadajících do konceptu projektu. Vznikají atmosféry, kterých se poté snaží tvůrci na natáčecím místě i v postprodukci dosáhnout. Concept arty se často využívají jako základy matte paintingů.

3.1.2 Sculpting + barvení

Po vzniku designů, které jsou většinou ve formě 2D obrázků (někdy sice z více stran, ale stále to jsou 2d data) nastává etapa prvotního nahození hmoty 3D modelům. Tento úkon se nazývá sculptování a je odvozen z klasického sochání. Softwary jako například Z-brush, anebo MudBox tyto umělecké disciplíny digitalizují. Výhodou je, že již vzniká mesh - topologie a lze jí využít jako základ pro pozdější kroky modelování. Digitální loutka má již objem a je možné ji nabarvit. Ve fázi barvení stále neřešíme žádný technický krok jako správná topologie pro rig a UVW mapping. Je to čistá kreativní činnost a vybarvování modelu funguje díky další vlastnosti vertexu (mimo pozice) a tím je barva. (Vertex Color) Pokud je vertexů v modelu hodně, což v případě sculповacích softwarů může být velice jednoduše například 20 milionů polygonů, je i malování detailů hračka.

3.1.3 Retopologie pro rigging a tvorba UVW

Při dokončení základního sculptu charakteru se již nemusí čekat na finální vybarvení a rovnou můžeme začít s retopologií a tvorbou postavy v A, nebo T pose, připravené k riggingu. Retopologie je velice důležitý krok, bez nějž by se na těle skinovaných modelů pohyboval povrch neuvěřitelně a dělal by při finálních renderech chyby. I klíčové pózy při animaci by měly veliká omezení. Retopologie je velice obsáhlá, je k němu nutné znát anatomii a strukturu objektů, na kterých se pracuje, protože přímo navazuje na rigování. Po retopologii se modelu udělá správný a již finální UVW mapping. Postupem doby se i tento krok optimalizuje a vznikla snaha UVW mapping úplně vyřadit. Používá se tzv. Ptex. Tento systém využívá UVW mapy pro každý polygon zvlášť. Avšak následná případná úprava detailů UVW mapy ve Photoshopu nebo jiných 2D softwarech není možná.

Když se tedy vrátíme k tradičnímu UVW mapování, již upravený model se „zapečenými“ UVW mapami vracíme sculptérovi a posíláme riggerovi. Sculptér správně namapovaný model přizpůsobí v detailech pomocí projekce již hotovému designu a pomocí projekce barev vertexů vytvoří na model textury a displacement mapy. (černobílé mapy, které zdeformují povrch modelu) Pro počítačové hry se vytváří normal mapy a specular mapy. Ty se využívají při práci na riggingu, kdy se sleduje deformace povrchu modelu. Nicméně v rámci paralelní výroby se tento krok může splnit již během samotného rigování.

3.1.4 Rigging

Rigging⁶ je v zásadě tvorba všeho, co se prvoplánově jeví „pod kůží“. Začíná to kostrou, přes svalový systém až po jeho kontrolery. Je to velice náročná technická část, protože pokud rig není kvalitní, animátor má o mnoho víc práce s ovládáním. V rigu jsou technologie, které animaci usnadňují, jako například automaticky dopočet pohybu sekundárních částí jako vlasy, detaily na oblečení apod. V rigu jsou obsaženy algoritmy pro simulaci prokluzu kůže na svalech a pohyb svalů na kostře. I podle Steva Preega lze v riggingu⁷ charakteru ušetřit spoustu času předscriptovanou automatizovanou tvorbou jednotlivých částí a prvků. Protože mnoho úkonů je velice repetitivních. Profesionálové z oboru jsou

⁶ CLARK, Brad, John HOOD a Joe HARKINS. *Inspired 3D advanced rigging and deformations*.

⁷ OKUN, Jeffrey, Susan ZWERMAN, Kevin RAFFERTY a Scott SQUIRES. *The VES handbook of visual effects*.(str.726)

schopti narigovat postavu s tváří, která má dokonce i „lepící se“ rty přibližně za 4 dny. Rig pro filmovou produkci může stát klidně 100 000 Kč. (ano, pouze rig bez modelu)

3.1.5 Animace

Nejzazší čas pro dodání finálních textur charakteru je čas těsně před animací. Pomocí kontrollerů, které se vytvořily při rigování, se model ovládá a animuje. Můžou se na něj přenést data ze screen capture, což je systém, kdy se snímá pohyb reálných herců a digitálně se přenáší na loutku. Není dokonalý a některé části se i tak musí doanimovávat ručně. Animaci je ze začátku poměrně těžké technicky pochopit, protože se kontroluje pomocí křivek XYZ osy. Ale po čase to je opět čistě umělecká etapa, kterou dělají lidé se smyslem pro rytmus a herecký pohyb.

3.1.6 Simulace

Když je hotová animace, rigger dostane model zpět a zapne všechny potřebné simulace, které model dokončí, co se pohybu týče. V této fázi se nastavují fyzikální vlastnosti vlasů, srsti, oblečení a dalších elementů, které mají pohyb vykonávat automaticky, odvozeně, z animovaného pohybu.

3.1.7 Převod formátů

V etapě, kdy je hotová animace i simulace, se všechny pohyby převádí pomocí formátu ALEMBIC do jiných softwarů pro rendering. Lze to udělat i jinými způsoby, například pomocí Pointcache, ale ten je velice náročný na úložiště a je neergonomický. Další možností je systém FBX, který data přenáší mezi Autodesk aplikacemi. Mnoho velkých firem FBX používá, mě osobně se ho nikdy nepodařilo nastavit správně. Vždy se vyskytla nějaká chyba, pravděpodobně mají nějaký svůj sofistikovaný systém.

Oproti tomu Alembic je díky své jednoduché struktuře a ovládání nejpoužívanější formát pro převod animací a nyní i caching animací v MAYI. Pokud máme všechny modely převedené, je prakticky jedno, jakou aplikaci využijeme k dalším krokům, jen musíme mít na paměti, že některé softwary se liší v osách souměrnosti, kdy směr nahoru je například v Mayi - Y, ale ve 3ds Maxu - Z. Nejednou se mi stalo, že se mi po načtení Alembicu v jiném software, animace rozbila, protože docházelo k chybám transformace jednotlivých vertexů. Opět, tuto fázi lze naprosto zautomatizovat na jednotlačítkové řešení pomocí scriptů.

3.1.8 Materiály

Materiálování je technicko-umělecká část tvorby celkového charakteru, kde se kombinují data z konceptů a sculptingu. Texturám se dávají optické vlastnosti jako lesk nebo průhlednost. Nastavují se displace mapy a správné vlastnosti pro nasvětlení. Etapu materiálů lze zrychlit pouze již hotovou knihovou materiálů. Mají totiž dost podobné vlastnosti. I přes stručný popis problematiky není tato fáze tak jednoduchá, například nastavit správně kovy a umělé hmoty je v celku věda. Sub surface scattering materiály jsou z této disciplíny nejtěžší, protože se nastavuje průchod světla skrz tenká místa modelu, jako jsou uši.



Obrázek 2- sub surface scattering

3.1.9 Nasvětlení scény a rendering

Poslední etapa před kompozitováním je rendering. Než se scéna finálně vyrenderuje, musí se správně nasvětlit. Zde využijeme HDR 360 stupňových map, které nám velice ulehčí práci. Model poté jen správně umístíme, zkorigujeme světla, stíny a správné hodnoty pro render, kontrolujeme šum, motion blur a další parametry, které nám zpomalují/zrychlují proces výpočtu obrazu. Render samotný (mnoho kolegů vlastně vůbec neví, jak jej definovat) je výpočet barvy každého pixelu obrazu na základě parametrů, které jsme nastavili materiálům, světlu a prostředí, ve kterém se objekt vyskytuje.

Samozřejmě, aby bylo co renderovat, musíme vytvořit a nastavit digitální kameru, což je kopie fyzického zařízení. Jeremy Birn ve své knize⁸ uvádí, že velikost objektivu, ohnisko (hloubka ostrosti), závěrka, vše se nastavuje totožně, jako kdybychom používali reálnou kameru. V digitální verzi je možných nastavení více, například, pokud to do scény není

⁸ BIRN, Jeremy. *[Digital] lighting*. (str. 200)

nutné, může se potlačit šum, nebo přesvětlená místa. Tím se simulují optické filtry. Všechny barevné korekce se stejně dělají až ve fázi kompozitingu nebo gradingu. Kamery jsou důležité hlavně při tvorbě scén později komponovaných do reálných záběrů, kde je nutné docílit stejného nasvětlení jako v reálném záběru. Nebo pro filmovější kompozice.

Když je scéna připravená k renderu, vytvářejí se vrstvy, kterým se poté separátně nastavují render passy. Vrstvy jsou skupiny objektů, které se ve výsledném obraze překrývají – například pozadí / střed / popředí. Každá z těchto vrstev může mít naprosto rozdílné výstupy. Výstup samotný při renderu je render pass. Defaultně je to celkový obraz tak, jak ho vidíme při render testech beauty passu, nicméně tento obraz se skládá například z difuze passu (což jsou pouze textury bez odlesků, průhledností, stínů a dalších parametrů), reflexe, refrakce, stínů, ID objektů nebo dokonce ID částí textur. Velice hojně se ID využívají na maskování v kompozitingu, proto bychom tento parametr neměli podcenit. Proces nastavování materiálů lze také řešit jednotlačítkově, nicméně nejdříve musíme vytvořit alespoň jednu finálně vypadající scénu.

Když máme nastaveny všechny tyto položky, podruhé otestujeme, zda se nám vše renderuje správně. Vybereme vhodný formát a renderujeme. Formáty jsou opět kapitola, která by mohla mít rozsah celé práce. Ve stručnosti, pro passy, které mají mnoho gradientů a nešumí (z-depth, ID-masky), by se měly nastavit 32bitové výstup. Pro ostatní stačí 16 bitů. Nicméně v malých produkcích nám často stačily i png formáty.

Nejužívanější formát pro renderování je EXR, který může uložit všechny passy snímku do jednoho souboru. Nese to své výhody i nevýhody: velká výhoda je přehlednost, počet snímků je stejný, jako počet framů animace. Nevýhoda je, že pokud bychom chtěli přerenderovat pouze nějakou složku obrazu, například ID kde jsou jinak rozdělené objekty, musíme přerenderovat celý obraz. Pro mě osobně je nejlepší varianta renderovat každý render pass zvlášť, je nad tím větší kontrola a postprodukční software si s tím také poradí lépe.

Tato nastavení jsou u mnoha scén velice repetitivní, proto je lze vyřešit automatizací pomocí skriptů, včetně načítání do kompozičních softwarů a rozdělení EXR na jednotlivé passy. Opět vše zkontrolujeme, ale konečný render necháme až do chvíle, než nám přijdou data z trackování.

3.2 Tvorba prostředí

Již z fáze concept arts víme, jak by mělo prostředí vypadat. Po sběru dat z terénu a natočení podkladových záběrů na tato díla navážeme. V některých případech se dokreslení prostředí neobejde bez simulací – například voda, mraky, mlhy. Nicméně v mém případě pouze stačí dodělat mattepaint na základě fotografií reálné scény.

3.2.1 Tvorba mattepaintu

Mattepainting je digitální koláž částí fotografií a malby. Původně se všechny malované části tvořily na sklo, které se dalo jako první plán před objektiv kamery, tím se zakryla místa, které neměla být vidět nebo měla vypadat jinak. Princip funguje dodnes, jen možností je více. Není třeba vše od nuly malovat a snažit se trefit do atmosféry, poslouží nám Photoshop, klonovací štětec a velká míra kreativity. Tato oblast tvorby je čistě umělecká a tvůrci musí mít vytrénované oko pro detail a hlavně barevnost. Například stíny mají svou barvu, kterou je nutné při dodávání části koláže dodržet. Mattepainting se formuje tak, aby se jeho jednotlivé části mohly namapovat na plány nebo jednoduchou geometrii. Tím se udělá iluzorní dojem 3D prostoru. Používá se k tomu Camera mapping, který nám vytvoří UVW parametry modelů a plane. Desky se dají vymodelovat přímo ve 3D společně s charaktery, nebo až postprodukčně v kompozičních programech. Záleží, jak moc mají dané prvky interagovat. Tento způsob tvorby prostředí je sice nejrychlejší, má však svá omezení v pohybu kamery, jejich jízdách, protože z větších úhlů už lze poznat, že textury chybí, nebo že objekty nejsou prostorové. Často se volí kombinace, kdy nejbližší modely jsou opravdu prostorové a vzdálenější části jsou vytvořené jen jako namapovaná jednoduchá primitiva.

3.2.2 Tvorba prostředí + nasvětlení

Stejně jako u charakterů se prostředí skládá z mnoha modelů, rychlost výroby znásobují již hotové knihovny assetů, materiálů a objektů. Nasvětlení, totožně jako při nasvětlení charakteru, vychází z HDR fotografií pořízených ve fázích produkce materiálu při natáčení. Kombinuje se v postprodukcí s mattepainty, natočenými materiály a charaktery.

3.2.3 Renderování do vrstev (ne pásů)

Nastavení renderu je totožné jako u charakterů. Pokud máme vše připravené, stačí jen spustit jednotlačítkové řešení ze skriptu, platí stejná pravidla, nicméně v této fázi se rende-

ruje pouze pro kontrolu šumu nebo chyb, které mohou vzniknout. Finální render se spustí až po implementaci dat z trackingu (většinou kamery).

4 COMPOSITING

Etapa skládání obrazu, která určuje finální vizuál záběru. Není přesně jasné a určené, jestli je výstupem nenabarvený záběr, nebo naopak finálně barevný, je to opět záběr od záběru. Pro efekt jako oheň a všechny světelné efekty je mnohem lepší dělat kompoziting s finálně barevnými záběry, ostatní mohou být tvořeny na tzv. „šedák“. Nicméně v ideálním případě by se vfx měly dělat na nenabarvený záběr s tím, že dostaneme k dispozici nastavení barevného prostoru tzv. lutku, přes kterou se na celý záběr díváme, pro render ji následně vypneme. Nejlepší možnou variantou je zpracovávat sekvence s velkou bitovou hloubkou obrazu. Snadněji se poté s obrazem manipuluje a má více možností zpracování. Níže popisují jednotlivé etapy kompozitingu.

Zdroj: Jon Alexander – The history of compositing⁹

4.1 Zpracování materiálů z kamery

4.1.1 Rotoskopie

Ruční tvorba masek pomocí vektorových nástrojů. Jediné, na co je náročná, je čas, bohužel optimalizací jsou hodiny strávené touto disciplínou. Ve filmových záběrech se rotoskopuje většina prvků, dokonce i ty na zeleném pozadí, dělá se jí totiž základní maska hmoty, na kterou se dále vrství detailnější masky z klíčování. Některé filmy jsou ve výrazné většině klíčovány touto metodou. Nejlépe se klíčí nevkládající prvky, přiléhavé oblečení, kůže, přilby. K rotoskopování je možné využít i základní tvary jako čtverec a kruh, není vždy třeba mít přesnou masku na pixel, hlavně co se gradingu obrazu týče.

4.1.2 Tracking 3d kamery

Sofistikovaný systém výpočtů pohybu kamery z obrazu nám dává možnost přesně nasazovat jakékoliv objekty do reálně natočeného záběru, společně s tvorbou masek pro popředí a pozadí nám dává nekonečně množství post-produkčně dotvořit obraz dle představ tvůrců. Odchylka pohybu kamery bývá u profesionálů 0,3 pixely. Což znamená že není možné zaznamenat jakýkoliv prokluz dosazených objektů. Tracking má 2 fáze. První je ruční tra-

⁹ OKUN, Jeffrey, Susan ZWERMAN, Kevin RAFFERTY a Scott SQUIRES. *The VES handbook of visual effects*. (str. 666)

kování nejvýraznějších bodů ze 2 kamer současně (tím získáme přesnou polohu bodu v 3d prostoru). A následným dopočtem mnoha dalších trackovacích bodů automaticky. Body na sebe navazují, pokud kamera prolétá. V koherentním prostředí je nutné pro tuto disciplínu vytvořit sadu trackovacích bodů ručně, například pomocí nálepek, nebo tolik oblíbených golfových míčků (tráva). Všechny tyto body se posléze vyretušují.

4.1.3 Keying green screenu

Velice obsáhlá etapa tvorby VFX. Každá část obrazu se klíčuje jinak – tvoří se na to speciální masky, které zaznamenávají regiony pro klíčování. Podle Chrise Baloga¹⁰ lze říci, že se v první řadě tvoří hrubý klíč pro objekty, tento klíč nemusí být přesný, ale nesmí obsahovat „díry“ tedy pozdější nulové hodnoty alfa kanálu uvnitř klíčovaného objektu. V druhé fázi se tvoří klíč pro okraje, který je již přesný, nemusí se zabývat přesnou výplní objektu, jde pouze o přesné okraje. Třetí část jsou detaily jako vlasy chlupy a jemné pohyblivé objekty. Všechny tři klíče se poté sečtou pomocí add blending modu. Klíčů může být i více, záleží na konkrétní scéně.

4.2 Dorenderování scén ze 3d části s vytrackovanou kamerou

Ve fázi hotového trackingu kamery se data odesílají na render, kde se scéna aktualizuje o daná data a obraz se vyrenderuje finálně.

4.3 Skládání obrazu

Z render etapy nám vzniklo mnoho passů, které je třeba správnými postupy složit do finálního obrazu spojeného s podkladem, připojí se vyklíčované části a pomocí efektů barvení se dané obrazy upraví a spojí, aby divák nepoznal, že vznikaly separátně. Nebál bych se tvrdit, že míchání těchto passů je alchymie výsledného efektu. Jednotlivé složky se v postprodukcí skládají proto, aby měl kompozitor možnost přidání efektů, kolor korekcí, flarů a dalších do konkrétních částí obrazu. Veškeré změny ve stavu kompozitingu jsou mnohokrát časově úspornější a levnější než nastavování a znovurenderování 3D scén.

¹⁰ OKUN, Jeffrey, Susan ZWERMAN, Kevin RAFFERTY a Scott SQUIRES. *The VES handbook of visual effects*. (str. 681)

4.4 vyvažování barevností, jasů, kontrastu, ostrotí (pomocí „z“)

Z-depth mapa je jedna z nejdůležitějších součástí kompozitingu, díky tomu, že se renderuje do 32 bitů vzniká možnost tvořit masky pro barvení, nebo dokonce i doostřování. Pokud by však tento pass byl renderován na menší bitovou hloubku, tolik možností nemá, okraje by byly velice rozpixelované a zrnily by.

4.5 Color grading

Dobarvení obrazu dle příběhové linky a požadavků kameramana a režiséra na atmosféru. Využívají sofistikované softwary, nicméně stejně dobře jde obraz finálně barvit i v kompozičních programech. V této fázi je nutný velký cit pro barvu, zkalibrované monitory a spoustu zkušeností. Color grading je důležitý pro atmosféry díla, která dopomáhá divákovi v orientaci a uchopení emoce. Christopher Townsend říká: „Color grading je mocný nástroj pro finalizaci obrazu, umožňuje filmovým tvůrcům vyladit záběr. Často také rozdělit záběr do různých částí, nebo vrstev, za použití nástrojů jako rotoskopie nebo masek, které poskytnou VFX společnosti“.¹¹ Výsledný obraz, které dostanou vydavatelské společnosti může být od obrazu vycházející z VFX oddělení velice rozdílný.

¹¹ OKUN, Jeffrey, Susan ZWERMAN, Kevin RAFFERTY a Scott SQUIRES. *The VES handbook of visual effects*. (str. 626)

5 ROZDÍL SOFTWARE NUKE VS FUSION VS AFTER EFFECTS

Z teoretického výpisu možností compositingu se dostáváme k software a jeho možnostem pro práci. Pro mou práci se zaměřím na 3, se kterými se nejhojněji setkávám v mém okolí. Jsou to Nuke, Fusion a After effects.

5.1 srovnání struktury

Nuke¹² a fusion jsou klasické node based aplikace, každý nod má svou funkci, translate, scale, rotace, efekty vše je node zvlášť. Dají se libovolně propojovat a tím máme vizuálně i funkčně vše pod kontrolou.

Zatímco nuku, vzhledem k parametrům, sedí více vertikální pavouk, fusionu zase horizontální. Lze tedy říci, že v nuku se nody vyplatí vizuálně řadit pod sebe, protože mají ergonomické prvky spíše na horní a dolní straně. Zatímco ve Fusionu je to řazení spíše do linie vedle sebe.

Fusion má navíc nody, které mají více funkcí, je třeba si na něj tedy déle zvykat, ve svém základu je ale totožný. To znamená, že jeho skript je vizuálně složen z menšího množství nodů, než v nuku.

After effects je layer based aplikace, funguje tedy stejně jako photoshop, v kompozičně větších a složitějších projektech se ale stává nepřehledným a strukturu desítek a stovek vrstev není tak elegantně používat. Chybí například složkování vrstev, kterou sice nahrazuje pre-comp, jenomže abyste se podívali, co je obsahem nové kompozice, je třeba si otevřít celé nové okno, nelze vidět a editovat obsah „složky“ rovnou v první úrovni vnoření. Nicméně jak říká Mark Christiansen: „To, co je jednoduché udělat v nuku, je složité udělat v after effects a naopak. Zatímco Nuke je specializovaný, After effects jsou univerzální, ano, některé úkony se dělají hůře, ale dělat se dají. Navíc animace v kombinaci compositingem se v AE vytváří jednodušeji a trvá kratší dobu“¹³

zdroje:

<https://forum.blackmagicdesign.com/viewtopic.php?f=22&t=29515>

¹² GANBAR, Ron. *Nuke 101*.

¹³ CHRISTIANSEN, Mark. *Adobe After effects CC*. (str.24)

<http://www.schoolofmotion.com/nuke-vs-ae-compositing/#>

<http://www.definitionmagazine.com/journal/2015/3/17/vfx-software-shoot-out-fusion-vs-smoke-vs-nuke.html>

5.2 srovnání cen

Software - prodej			kurz	27Kč/€
	cena (€)	cena (\$)	cena (£)	cca Kč
Foundry Nuke				
časově neomezená	6 786 €	\$9 331	£8 655	183 222 Kč
roční licence	1 386 €	\$1 906	£1 155	37 422 Kč

Blackmagic design : Fusion 8				
verze zdarma	free	\$0	£0	free
verze studio (neomezená)	949 €	\$995		25 623 Kč

Adobe After effects				
<i>pouze After Effects</i>				
roční licence	291 €			7 857 Kč
<i>všechny adobe aplikace</i>				
roční licence	726 €			19 602 Kč

ceny jsou uvené k datu 16.1.2017

Tabulka 2 - srovnání cen

zdroj: <https://www.thefoundry.co.uk/products/nuke/buy/>

<https://www.blackmagicdesign.com/products/fusion/vfx>

<https://commerce.adobe.com/>

5.3 srovnání dostupnosti výukových materiálů (čas pro naučení)

Nejrozšířenější je samozřejmě After Effects (dále jen AE), výukové materiály není problém získat ze všech kanálů, které jsou dostupné. Od youtube, přes plurasight(bývalý digital-tutors) až po gnomon workshop. Největším mentorem pro AE je však Andrew Cramer z videocopilot.net, se kterým se lze naučit všechny úrovně fungování tohoto softwaru.

Nuke je leader mezi programy na compositing, stále nerozumím, jak je možné, že je tolik dostupných materiálů a tolik rozsáhlá komunita, i když je Nuke tak drahý. Není problém se všemu naučit zdarma z běžně dostupných kanálů (vimeo, youtube), navíc Foundry uveřejnili své výukové pásmo i s testovacími scénami a scripty. Na Nuke se zaměřili všichni, kteří s Compositingem pracují.

Blackmagic Fusion je konkurence Nuke, má velmi příznivou cenu, avšak ta je vykoupena nejmenším množstvím výukových materiálů. Naučit se jej znamená strávit dost času hledáním a řešením vzniklých potíží. Největší problém je, dle mého názoru, najít vůbec správné pojmenování daného problému, protože každý ze softwaru má trochu rozdílné názvosloví.

5.4 porovnání reálných nákladů Nuke vs Fusion vs After Effects

Dalo by se říci, že nejhůře z výše zmíněných zůstává Fusion. Avšak i když mu započítáme čas na učení dvojnásobný oproti nuku, stále plná verze na neurčito stojí 2/3 ročního pronájmu nuku a sedmkrát méně než jeho neomezená verze. After effects vedou se střízlivou cenou a množstvím výukových materiálů. Při 100 hodinách výuky, kdy budeme platit zaměstnance 250,- Kč za hodinu interně a na fusion 200 hodin. Nám tedy vzniká výsledek:

	cena sw	počet vyuk.h hodin	celkem
Nuke	183 222 Kč	100	208 222 Kč
After Effects	19 602 Kč	100	44 602 Kč
fusion	25 623 Kč	200	75 623 Kč

Tabulka 3 - porovnání nákladů

Nejvýhodnější je samozřejmě After effects. Nicméně v tomto softwaru se komponuje obraz velice neergonomicky, systém vrstev není pro složité záběry ideální. Na druhém místě je fusion, ale musíme přihlídnout k situaci, že kompozitor se s ním učí dvojnásobně déle díky absenci kvalitního výukového materiálu. Dále bychom měli také přihlídnout k tomu, že Nuke na rok stojí 37 422 Kč. Poté je na pováženou, kterou variantu zvolit.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

6 VÝZKUM – PRAKTICKÉ POSTUPY STUDIÍ

Na základě výzkumu, který jsem vedl skrze telefonickou, mailovou a osobní dotazníkovou komunikaci budu hodnotit postup studií v jejich optimalizačních procesech. S těmito vědomostmi a jejich informacemi jsem se mohl zamyslet nad neoptimálnější postupem při řešení otázky, jak napojit produkci a post-produkci výroby VFX děl. Původně jsem si myslel, že díky MAYI 2017 a renderovacímu pluginu Arnold, který je v dané verzi zdarma plně k dispozici, bude neoptimálnější postup:

Rigging a animace v Mayi, poté přímý render narigovaných modelů pomocí Arnold do obrazových složek pro Compositing. Následně pomocí programu Fusion skládání obrazu dohromady a konečný render pro střih.

Tato teorie se mi nepotvrdila a v této kapitole zjistíme, jaké je tedy neoptimálnější řešení tohoto napojení.

6.1 Otázky:

- a) Firma, sídlo, počet let na trhu
- b) Který software využíváte pro rigging 3d loutek a jejich animaci?
- c) Který software, anebo plugin využíváte pro rendering. Pokud (jak je velice běžné) převádíte animaci pro její render z jednoho software do jiného, využíváte alembic? Proč jste si vybrali tento work flow (převod)?
- d) Jaký využíváte software pro compositing a proč jste si jej vybrali?
- e) Máte kolegu, který se zabývá pouze skriptováním a optimalizací postupů? Pokud ano, jak dlouho?
- f) Užíváte i AE, pokud ano na co přesně?

6.2 Odpovědi:

Na dané otázky mi odpovědělo celkem 7 respondentů. Odpovědi sepíšu velice stručně, heslovitě, aby se v nich lépe orientovalo. V příloze pak dávám k dispozici tabulku s celými informacemi.

6.2.1 MPC – moving pictures

- a) 25 let na trhu; 127 Wardour St, Soho, London, W1F 0NL
- b) MAYA
- c) Render: (Maya)Arnold; (Maya) RenderMan; převody alembic Maya>Maya
- d) Nuke – industry standart, podpora PYTHON, rozšířenost učebních materiálů
Flame – online compositing, rychlá náhledová kvalita
- e) Ano minimálně 10 let
- f) Motion design výhradně v kombinaci se Cinemou 4D

6.2.2 Polygon Bay (Prime focus)

Jakub Krompolec zakladatel Polygon Bay a Rig-it pracoval 10 let v Prime Focus, založil tam oddělení riggerů pro VFX. Své zkušenosti zúročil a během 1,5 roku se vyšplhal na špici českého riggingu (podle mě je jediný, kdo tohle v Česku umí) specializuje se na foto-reálná zvířata. Jakub mě upozornil na převádění animací do alembicu i při renderování ve stejném softwaru. Rigy se nerozbíjí a manipulace s animovaným materiálem je mnohem rychlejší.

- a) 1,5 roku na trhu; Skuld Ltd., 103 Church Hill
- b) MAYA
- c) Render: Arnold; alembic: Maya Rigging > Maya animation > alembic > Maya render (Arnold)
- d) Nuke – industry standart, podpora PYTHON
- e) Ano, po celou dobu, díky předchozím zkušenostem v zahraničí a optimalizaci byly jeho firmy schopné se za rok a půl dostat na špici českého riggingu. Využívá automatizované nástroje a skripty na každou oblast tvorby.
- f) AE: nepoužívají

6.2.3 UPP

Universal partners and production je současná největší česká společnost vyrábějící reklamy, vizuální efekty pro zahraniční produkce a české filmy. Právě z komunikace s UPP jsem zjistil, jakým způsobem, a jak velice rozdílně, se celofiremní pipeline nastavují. Například na dotaz, proč nepoužívají V-Ray mi bylo odpovězeno, že prostě na začátku nepra-

covali v MAYI, ale v XSI, na který V-Ray vůbec nebyl. Proto i dnes je nastaven workflow a pracuje se s Arnoldem. Stala se mi zde také jedna záměna pojmů, protože mi kolegové z UPP popisovali, že pracují s Nukem, protože sdílí skripty. Nicméně já skripty vnímám jako doprogramované funkce a části programů. Skript v Nuke terminologii však znamená obsah nastavení kompozitingu – tedy všechny nody a jejich napojení. (jako kdybyste označili ve photoshopu všechny vrstvy poté zmáčkli ctrl-c a v mailu, který posíláte kolegovi zmáčkli ctrl-v. Tím by se vytvořila textově struktura a nastavení všech vrstev. Dané nastavení by poté stačilo zkopírovat a vložit do Photoshopu a vše by bylo totožné jako má kolega. Samozřejmě, toto lze pouze s Nuke.)

- a) Na trhu 23 let. Žitomířská 7/489; Prague 10, 101 00
- b) MAYA, Motion Builder
- c) Renderer: Maya – Arnold; Alembic využívají na převod animací mezi softwary.
- d) Nuke pro jeho schopnosti a rozšíření ve VFX postprodukcích, možnost přenášení „skriptů“ (viz. Výše – nastavení kompozitingu)
- e) Programátor an plný uvazek – ano, nicméně o optimalizaci se starají supervizoři u konkrétních projektů.
- f) AE – ano na motion grafiku

6.2.4 Progressive FX

- a) 5 let na trhu, Korunní 810/104, 101 00 Praha 10-Vinohrady
- b) MAYA
- c) Render: 3ds Max - Vray; Maya – Arnold. Alembic (nativní) pro převody. Problémy s převody vždy vznikají pouze nastavením rigů.
- d) Nuke – industry standart, podpora PYTHON
- e) 1 rok optimalizace, skripty v PYTHON
- f) AE: často, primárně motion grafika

6.2.5 R.U.R

- a) Na trhu 6 let. U Průhonu 1589/13a, 170 00 Praha 7
- b) MAYA, Motion builder

- c) Renderery: Arnold, Mantra; Alembic pro převod mezi softwary
- d) Nuke, Flame, After Effects
- e) Ano 2 roky
- f) AE: ano motion grafika, jednoduchý compositing

6.2.6 ČT – grafické oddělení

- a) Na trhu 64 let; Kavčí hory, 140 70 Praha 4
- b) MAYA
- c) Render: (maya)Arnold; Alembic – pro převod informací z Houdini, nebo zapečení animací. Dále alembic pro přenos kamer a partikul do Kompozičních programů
- d) Nuke, Quantel, Flame, After Effects.
- e) Optimalizací a skriptováním nikoho nepověřili
- f) AE: ano dle konkrétních úkolů, multifunkční

6.2.7 Magic Lab

- a) Na trhu 23 let; Oldřichova 36,128 00 Praha 2
- b) Softimage
- c) Render: MentalRay, alembic pro převod dat z jiných softwarů
- d) Nuke – Kvalitní roto, Nejlepší podpora color managementu, dobrá podpora práce s 3d daty
- e) Nemáme člověka pouze na optimalizaci a skriptování
- f) AE: nevyužívají

6.2.8 Freelancer Ludvík Koutný

(<http://rawalanche.artstation.com/>)



Obrázek 3 - Ludvík Koutný, ukázka z portfolio

Ludvík je známý svými fotorealistickými scénami převážně anorganických prací. Velmi talentovaný mladý umělec, který pro své designy využívá hlaně služeb 3ds Maxu a Vray rendereru. Ludvík_koutný_GDI Anaconda class APC

- a) 6 let na trhu
- b) 3ds Max
- c) Renderer: Vray – bez jakýchkoliv užití alembicu
- d) Fusion – je v základní verzi (velice benevolentní) zdarma, plná verze je levná, jednoduché GUI, má vše co má mít
- e) Ano, kolegy freelancery, většinou pro malá vylepšení
- f) AE: minimálně

Každý ze subjektů je profesionálem ve svém oboru a má dlouholeté zkušenosti s produkcí. I když to jsou produkce různých směrů, spojuje je především cíl, tedy svou tvorbu vytvářet rychle a umělecky hodnotně. Všichni respondenti k tomu využívají postupy upravené dle jejich možností, a to zejména personálních.

Rád bych se zamyslel nad tím, kolik nástrojů na tvorbu a úpravu VFX na trhu existuje. Celkový průmysl se tím tříští a pře, co je lepší a co horší. Podle mého názoru neexistují lepší a horší nástroje, je to pouze o schopnostech je ovládat a nenechat se jimi ve své tvorbě omezovat. Na druhou stranu tyto postupy si může dovolit opravdu pouze freelancer.

Jakýkoliv team lidí už nějakou tu pipeline mít musí. Jinak se začnou ztrácet i při banálních úkonech jako je modelování. Každý software má jiné nástroje a formáty, pokud by tedy měl být model upravovatelný, tím myslím editovatelnost všech nástrojů použitých k jeho tvorbě, je třeba, aby každý z teamu pracující na stejném projektu měl stejný software, velice to zrychluje komunikaci. Samozřejmě, nic není ideální, a tak se objevují v teamech různé druhy softwaru v závislosti na tom, v čem jsou lidé zvyklí pracovat. V těchto případech, by měl být striktně stanoven formát a podmínky, pro předání výstupů pro další pracovní skupinu.

7 VÝSLEDKY VÝZKUMŮ

Všechny zmíněné subjekty mi dodaly velice cenné informace. Můj původní předpoklad, že lze Alembic naprosto vynechat byl chybný, a tím se celkový náhled na situaci změnil. Stále však prosazují názor, že nejspolehlivější a neoptimálnější řešení je k renderu využívat software, ve kterém je charakter animovaný a rigovaný.

7.1 Srovnání studií

Studia bych rozdělil na 3 skupiny dle počtu zaměstnanců.

A) Velká studia 100+ zaměstnanců (MPC, Prime Focus, UPP)

Peníze zde nejsou na prvním místě, generují velké zisky, a tak jde spíše o spolehlivost a rychlost výroby, kterými se investice zúročí. Větší výdaje na začátku nejsou problém. Personální zastoupení hraje velkou roli, je tedy velice složité nastavovat pipeline pro celou společnost. Kontrolují se spíše dílčí výstupy a použití software je v jisté míře kompromis možností firmy a výběru zaměstnanců. Optimalizace je důležitá, ale v rámci celé společnosti je její aplikace časově i administrativně náročná. Řeší se spíše v rámci jednotlivých projektů, kde o ní rozhoduje vedoucí pracovník. Je pro ně důležitější, jak rychle nového kolegu zaškolit, než to, že software stojí statisíce. Nicméně ve svých vysokých pozicích fungují úplně totožně jako střední a malá studia. O workflow rozhoduje vždy team vysoce specializovaných pracovníků – stanoví si na základě svých zkušeností pipelines a vývoj, poté hledají zaměstnance, kteří práci odvedou. Obrovské projekty však své workflow změnit nemohou, proto se mění pomaleji, pojí se s tím, jak jsem již zmínil, časová náročnost.

B) Střední studia, od 10ti do 100 zaměstnanců (PFX, R.U.R., MagicLab, ČT – grafické oddělení)

Studia si svým tempem prokopávají cestu ke špičce, jejich zaběhnuté pipeline se mění flexibilněji než u velkých studií, nicméně z výzkumu lze soudit, že optimalizace pro ně není primární. Využívají metody, které jsou neoptimálnější pro většinu, stále se však řídí personálními možnostmi a snaží se využít maximum potenciálu ze zažitých workflow. Situace se zaškolováním nových kolegů je obdobná, avšak více individuální dle konkrétních zkušeností společností.

C) Malá studia, freelanceři (Ludvík Koutný, Polygon Bay, BareBear)

Poslední skupina studií nemá k dispozici tak velké finanční prostředky jako investici. Promýšlí si tedy každý krok a optimalizace je pro ně velice důležitá. U Polygon Bay je jednou z primárních položek chodu firmy. Na co nelze najít kolegy a spolupracovníky řeší novými skripty tak, aby se technická část zjednodušila pouze na základní úkony. Finanční náročnost výroby hraje prim.

7.2 Popis jednotlivých softwarů a pluginů pro redering

Výběr softwaru se různí ve studiích dle personálního zastoupení. Každé ze studií vzniklo v jinou dobu a nastavení workflow většinou vzniká na počátcích. V té době se lišily ceny i dostupnost jednotlivých programů. Pro jistotu vysvětlím užívané pojmy v následující kapitole.

Render node, na který se odkazují níže, je počítač určený pouze pro renderování, nikoliv pro práci. Tento počítač nabízí pouze svůj výkon.

Render farma je několik počítačů propojených v síti, které nabízejí svůj výkon hlavnímu serveru, rozesílajícím příkazy k propočtům mezi ostatní.

Workstation je pracovní počítač, na kterém tvůrce aktivně se softwarem pracuje a nastavuje jej dle technicko-uměleckých záměrů.

7.2.1 Autodesk MAYA

Autodesk MAYA je software, který snad ani není třeba nějak zvlášť popisovat. Leader na trhu, který umožňuje všechny ty krásné věci, které lze vidět v kinech, televizích, v reklamách nebo studentských snímcích. Je to 3D software umožňující modelování, texturování, rigging - skinning, particly, fluida, simulace oblečení a vlasů, síťový render. Aplikace je stabilní a má masivní možnosti pro Python scripting. Původní jazyk je MEL, ale ten je velice neohrabaný a neučesaný. To znamená, že abyste se dostali k výsledku pomocí skriptovacího jazyka, musíte v MELu napsat mnohem více znaků (příkazy jsou delší) a je složitěji čitelný než Python. Počítači je to jedno, ten ahoj stejně vidí jako „1100001 1101000 1101111 1101010 1101 1010“, ale my lidé s tím můžeme mít trošku problém. Hlavním benefitem Pythonu je jeho možnost užití ne pouze pro Mayu, ale například na propojování procesů skrze různé aplikace. Na druhou stranu, MEL je základním stavebním kamenem MAYI a pro lepší porozumění jejich procesů je ho nutné alespoň pochopit, když ne užívat. MAYA je vhodná hlavně pro charaktery (celková tvorba) a animaci. U animací

humanoidů nebo čtyřnožců je to v kombinaci s Motion Builderem jednička na trhu a prakticky industry standart.

Maya již nemá možnost stand alone koupě na dobu neurčitou, je možné ji pouze pronajmout a to po dobu 1 - 3 let. Logicky, tříletá varianta je nejvíce rentabilní. Já zde použiji pouze jednorochní, aby bylo možné čísla lépe srovnávat mezi aplikacemi.

Bohužel, dané sumy jsou jen pro Evropskou unii. V USA jsou ceny přibližně o 30% nižší a mám dojem (pokud to je stejně jako u adobe), že ceny pro trh v Indonésii jsou ještě o stupeň nižší. Vůbec jsem se nedopátral, proč Autodesk zaujímá tuto cenovou politiku.

7.2.1 Autodesk 3ds Max

Autodesk 3ds Max nabízí ve výsledku podobné možnosti jako MAYA. Je však přizpůsoben práci spíše s anorganickou hmotou, jako jsou vizualizace, nebo tvorba prostředí, ale z mých zkušeností je práce s ním na menších projektech rychlejší. Má skvělý systém práce s texturami a materiály. 3ds Max byl původně program, který si měla dotvářet sama komunita, a tak je zde mnoho modifikátorů, tedy matematických funkcí, které lze vrstvit, a tím modely nebo partikly upravovat. Skriptovací jazyk maxscript je velice jednoduchý a přehledný, ve srovnání s MEL. Nevýhoda 3ds Maxu je jeho nestabilita, kde má MAYA navrch.

7.2.2 Plugin Arnold

Ač se zdá, že nativní renderer od MAYI 2017 je nejdostupnější variantou, nenechte se mýlit. Arnold je totiž zpoplatněn pro každý další render node úplně stejnou cenou, aspoň co se týče freelancerů. Pro větší firmy společnost Solid Angle nabízí individuální finanční řešení na základě množství licencí. Bohužel se mi nepodařilo zjistit, kolik stojí například 10, nebo 30+ licencí.

Zdroj B: přímý kontakt se support@solidangle.com

There is no "render node" licensing. You need an Arnold license to render, whether it is on an artist workstation or on a render node. The price per license is the price given on our web site.

For volume pricing, contact our Sales team for a quote:

<https://www.solidangle.com/arnold/buy/contact/>

Thanks

Stephen

Solid Angle Support

7.2.3 Plugin Vray

Vray nabízí kvalitní support a vcelku příznivé ceny v rámci možností. Já zde budu konkrétně popisovat Vray pro MAYA, protože si myslím, že Vray pro 3ds Max je neoptimální řešení v rámci mého výzkumu, protože neřeším rigging a animaci v programu 3ds Max. Do verze 3.0 měl V-ray dokonce neomezené množství Vray render nodů. Tedy každý, kdo si jej koupil, mohl směle renderovat na dalších strojích, což dělalo z Vraye naprosto ultimátní nástroj. Od verze 3.0 je však už každý render node zpoplatněn. Každý render node je veden jako float – to znamená, že není omezen uživatelem, ale aktuálně jej může využívat jen jedna Workstation na render node napojená.

7.3 Ceníky

Software - prodej			kurz	27Kč/€
	cena (€)	cena (\$)	cena (£)	cca Kč
Autodesk MAYA				
roční licence	1 936 €			52 272 Kč
měsíční licence	242 €			6 534 Kč

Autodesk 3dsMax				
roční licence	2 141 €			57 807 Kč
měsíční licence	266 €			7 182 Kč

Arnold renderer				
<i>časově neomezená pro:</i>				
1 workstation	1 095 €	£1 220	£790	29 565 Kč
12 workstations				
30 workstations				
<i>pronájem na 1 měsíc (30 x den)</i>				
1 workstation	195 €	£225	142,5	5 265 Kč
12 workstations				
30 workstations				

V-Ray renderer				
<i>časově neomezená pro:</i>				
1 workstation 1 render node	750 €	\$1 040	£650	20 250 Kč
1 workstation 6 render nodes	1 500 €	\$2 080	£1 290	40 500 Kč
1 workstation 11 render nodes	2 050 €	\$2 850	£1 760	55 350 Kč
<i>pronájem na 1 měsíc</i>				
1 workstation 1 render node	170 €	\$240	£143	4 590 Kč
1 workstation 6 render nodes	390 €	\$548	£334	10 530 Kč
1 workstation 11 render nodes	507 €	\$819	£507	13 689 Kč
<i>samostatný render node</i>				
1 workstation 1 render node	250 €	\$350	£220	6 750 Kč

ceny jsou uvené k datu 16.1.2017

Tabulka 4 - ceník

Zdroj: <http://www.autodesk.eu/store/products/maya?term=1year&support=basic#>

Zdroj: <https://www.chaosgroup.com/vray/maya>

Zdroj: <https://www.solidangle.com/arnold/buy/>

7.4 Člověkohodina

Pojem vznikl jako definice ceny určující průměrnou cenu, kterou odpracuje 1 člověk za 1 hodinu. Zahrnuje také pronájem místa, software, hardware, elektřinu, vodu a další běžné náklady na provoz daného člověka. Abych byl schopen navrhnout optimální řešení, musím vyčíslit průměrnou sumu. Vzhledem ke zkušenostem a jednoduchým navazujícím výpočtům bude tato suma spíše pro středně velké firmy v Česku, což odhaduji na:

500 Kč / h

Částky v eurech budu násobit **27 Kč**, tohoto kurzu bychom měli dosáhnout v tomto roce tj. 2017 dle posledních zpráv. Všechna čísla si tak lze o něco navýšit, či snížit dle konkrétní situace. Vzorce vždy uvádím.

Zdroj: <http://byznys.ihned.cz/c1-65149520-ceska-narodni-banka-korunu-s-uzdy-nepusti-na-urokovou-sazbu-se-rozhodla-nesahnout>

7.5 Předpokládané náklady

Pokusím se odhadnout na základě dat, které mám k dispozici, náklady na chod procesu rigging > animace > render > kompoziting. Samozřejmě беру v potaz, že pro každou zakázku je rozpočet rozdílný, nicméně pro můj obecný náhled a srovnání bude stačit fiktivní projekt. Subjekty dle velikosti dělit nebudu, protože v elementární hierarchii je situace obdobná.

Fiktivní zakázkou bude stylizovaný charakter humanoida, který je zakomponován do reálného záběru a interaguje s reálně natočeným hercem. Chvilí mluví, poté odběhne pryč ze záběru, aby akrobaticky skočil mezi domy. Domy jsou natočeny reálně, herec, který interaguje, také – na green screenu. Prostředí je potřeba trošku rozbít – jde o post-apokalyptický snímek. Do pozadí se poté bude vkládat mattepainting hor a velkého kráteru v nich. Celá akce má 20 vteřin. Reálné záběry a mattepaintingy jsou dodány. Předpokládejme, že daný záběr je jeden ze série záběrů, budeme tedy muset pořídit software na 1 rok. Skripty a optimalizace je na základní úrovni, rigger riguje ručně, má průměrné zkušenosti, žádné své vlastní assets. Vše se zadává na render ručně a do kompozičních programů se ručně načítá. Rozpočet na zakázku je 550 000,-. Tedy zisk je rozdíl nákladů na výrobu (úspora času) a použitého software.

Technicky se bude postupovat:

- 1) Rigging MAYA
- 2) Animace MAYA
- 3) Převod do Alembic
- 4) Render 3ds Max Arnold + 10 počítačová farma – budeme předpokládat, že v převodu nedošlo k chybám
- 5) Kopoziting NUKE studio (tracking pohybu kamery, keying herce na zeleném pozadí, rozbití prostředí)

Předpokládaná cena (velmi orientační, 3ds Max jako renderovací software je pouze pro variantu, kdy se využívá jiný software pro rendering. Software je určen na základě diverzity odpovědí z dotazníku):

náklady na člověka 500 za hodinu

Náklad	cena	trvání výroby (h)
Rigging	15 000 Kč	30 h
Animace	20 000 Kč	40 h
Nasvětlení	5 000 Kč	10 h
Render	10 000 Kč	20 h
Kompoziting	25 000 Kč	50 h
Maya	52 000 Kč	
3ds Max	58 000 Kč	
Arnold 10x	295 000 Kč	
Nuke Studio	37 500 Kč	
Celkem:	517 500 Kč	19 dní*
Zisk	32 500 Kč	

* pracovních dní. 1 den = 8 hodin

Tabulka 5 - náklady

na část rigging, animace, rendering a compositing

III. PROJEKTOVÁ ČÁST

8 OPTIMÁLNÍ ŘEŠENÍ TÉTO ČÁSTI PRODUKCE A NAPOJENÍ NA POSTPRODUKCI

8.1 Úvod

Protože data, která zmiňuji, jsou velice osobní pro každou společnost a hlavně dost abstraktní obecně, musím se opřít o vlastní zkušenost a poté experiment, abych měl tvrzení podložená. Nikdo z celého průmyslu vizuálních efektů, nebo animace není schopen přesně určit výrobní hodiny dané části díla, může totiž nastat spousta neplánovaných vedlejších situací, které se musí během výroby řešit. Určení je tedy na základě zkušenosti s konkrétními daty.

Když se opřu o vlastní zkušenosti, které mám podloženy, mohu s jistotou tvrdit, že v rámci větší produkce vícedílného seriálu jsou optimalizační procesy stěžejním prvkem pro ziskovost projektu. V daném seriálu jsme totiž ručně připravovali první díl, ale všechny další, stejně dlouhé jsme už vytvářeli s pomocnými skripty assety a postupy. Výroba se snížila na 10% původního času a všechny pomocné nástroje nám zůstaly pro další projekty. Když počítám pouze čas, tak při tvorbě prvního dílu jsme byli v opravdu velké ztrátě, nicméně během následujících 2 jsme ztrátu dohnali, a konečně při tvorbě 4. a 5. dílu jsme čas předechnali. Udělali jsme snad všechny chyby, které ve tvorbě takového díla udělat lze, nicméně díky skriptům, jejich editovatelnosti a variabilitě, jsme vždy byli schopni čas dohnat a dokonce předechnat. Navíc jednu postavičku jsme si rigovali sami a jednu nám rigoval profesionální rigger za 50 000kč. Proto jsem mohl konkrétně srovnat kvalitu a čas výroby rigů. Stylizovaného psa jsem totiž v první fázi rigoval sám. Naprosto totožný model. Byl jsem o něco pomalejší, ale kvalita zde byla situace absolutně rozdílná, můj rig toho uměl několikanásobně méně. Řekl bych, že když by profesionální rigger dělal to samé, co já, měl by vše hotovo za pár hodin. Já jsem psa rigoval několik dní.

Je spousta studií, které si vypracovaly systém ruční práce, který je rychlý, ale nikdy nebude tak účinný, jako automatizované nástroje sestavené na míru. Samozřejmě, není to jediná možnost, jak se dopídit k větším ziskům, ale je to jeden z těch, které opravdu fungují a nestojí pouze na lidech a jejich proměnlivosti.

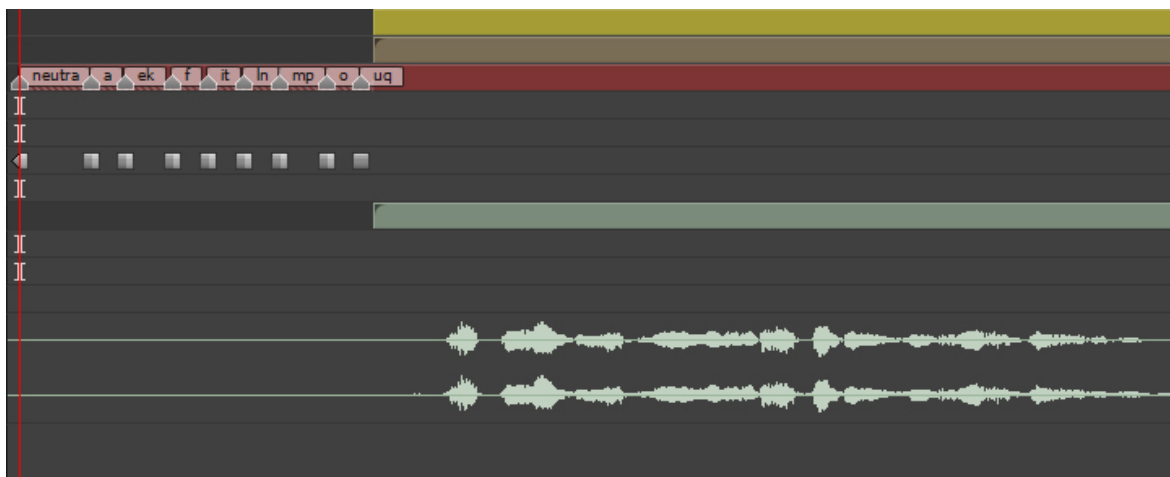
8.2 Experiment

Pro mou diplomovou práci jsem vytvořil experiment, jenž má prokázat správnost mých tvrzení na malém vzorku profesionálů z oboru. Vytvořil jsem reálnou situaci, kdy se má vyrobit lipsync loutky v after effects 3mi různými metodami. Uvažuje se 9 různých stavů úst (A, E-K, F, I-T, L-N, M-P, O, U-Q, neutrální), které se přiřazují v daném čase loutce dle dabovaného voice overu. Loutka je muž voice over je však ženský, abych si byl jistý, že dané podmínky jsou vcelku unikátní a je třeba zapojit všechny schopnosti pro správné provedení. Na každou metodu experimentu je vyhrazeno přesně **30 minut** a zapisuje se množství zpracovaných framů a počet chyb. Ty jsou posuzovány Pavlem Jindrou našim nejlepším odborníkem na lipsync. Posuzuje se timing a vizuální správnost vybraných fází úst dle voice-overu.



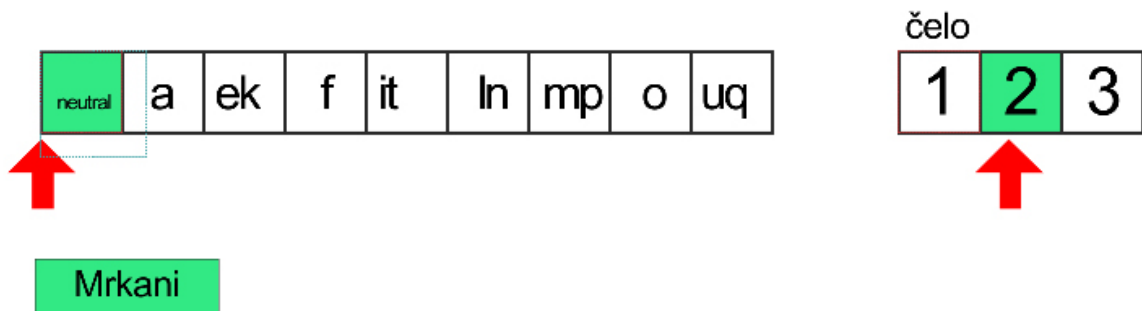
Obrázek 4 - ukázka loutky

- A) Metoda **kopírování klíčů pomocí zkratk ctrl-c, ctrl-v**, tado metoda se učí nanaší fakultě, beru ji tedy jako základ. Není náročná, do kompozice se za sebe v čase vyukládají na správná místa fáze úst. Ty se poté vyvolávají prostým číslem funkce time-remaping. To znamená, že A je 1, E-K je 2, F je 3, atd. Prvních 30 framů se nechá volných pro předpřipravené klíče, které se pomocí markerů pojmenují, aby bylo vše přehledné. Poté se kopírováním klíče přesouvají na správný čas, samotné klíče jsou ve stavu hold-keyframe.



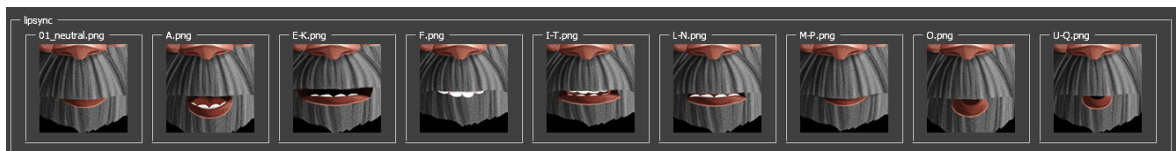
Obrázek 5 - kopírování klíčů

- B) Metoda **rigované tabulky fází úst**. Tato zdokonalená metoda byla použita pro celá mrazivá tajemství, je velice jednoduchá, pomocí pohybu šipky pod tabulkou určujete danou fázi úst.



Obrázek 6 - rigovaná tabulka

- C) Metoda **skriptovaného ovládacího prvku**. Tato metoda je otestována experimentem a bude se používat na všechna další díla studia BareBear. Jde o skript, pomocí něž se fáze úst přenášejí na loutky prostým stiskem tlačítka, na kterém je fáze vidět. To znamená, že není třeba žádný pohyb navíc stačí pouze kliknout, pohnout timesliderem, kliknout na další fázi atd.



Obrázek 7 - skriptované prvky

8.3 Výsledky experimentu

Testování odborníci jsou vybráni tak, aby obsáhli co největší množství typu animátorů. Zatímco Pavel Jindra se specializuje pouze na animaci v AE a 3D, je tedy nejproduktivnější, Eliška Chytková nemá s AE velké zkušenosti, animaci se věnuje hlavně v kreslené formě.

	A-metoda		B-metoda		C-metoda	
	poč. framů	chyby	poč. framů	chyby	poč. framů	chyby
Radova Surý	222	8	501	6	683	5
Pavel Jindra	306	1	546	1	748	1
Marcel Legindi	298	3	529	1	842	5
Eliška Chytková	126	9	199	4	253	5
průměr	238	5,25	443,75	3	631,5	4
průměrný nárůst o	0 %	0 %	86,45 %	-69,35 %	165,34 %	-71,29 %
Radova Surý - nárůst o	0 %	0 %	125,7 %	-66,77 %	207,7 %	-79,69 %
Pavel Jindra - nárůst o	0 %	0 %	78,4 %	-43,96 %	144,4 %	-59,09 %
Marcel Legindi - nárůst o	0 %	0 %	77,5 %	-81,22 %	182,6 %	-41,01 %
Eliška Chytková - nárůst o	0 %	0 %	57,9 %	-71,86 %	100,8 %	-72,33 %

Obrázek 8 - experiment

Dle jasných výsledků lze tedy říci, že jakékoliv i jednoduché řešení lipsyncu, které zjednodušuje výrobu, zrychlí procesy v průměru 1,86krát. To znamená, že běžný pracovník zvládne za daných 8 hodin vyrobit téměř dvojnásobné množství animace. Zajímavý však je výsledek skriptovaného řešení, kdy za stejných podmínek zvládne pracovník vyrobit 2,65krát více animace. V řeči peněz lze použít přímou úměru, dovoluji si tedy tvrdit, že se dostáváme do zajímavých čísel.

Optimalizační řešení však nese další výhodu, tou je zjednodušování technických postupů, díky kterým se umělec může lépe soustředit na umělecký výkon a dělat méně chyb. Z výsledků lze odvodit, že s prvním stupněm zjednodušení výroby bude pracovník dělat o více než polovinu méně chyb, se skriptovaným řešením je to o téměř 75% méně.

U mého jména lze vidět velký nárůst vyrobené animace se 3tí metodou. Přisuzuji to zkušenostem s optimalizací, ale hlavně prostým správným rozložením oken, kdy jsem si daný skript umístil velice blízko timeslideru. Tím pádem mi ubyl čas pro překlikávání mezi okny nebo obrazovkami.

8.4 Aplikace optimalizace

Optimalizace není magická hůlka, která řeší všechny problémy a instantně způsobuje ziskovost. Je to způsob myšlení a prostředek, který dává lidem v teamu větší kreativní možnosti. Nemusí to být kreativita v rámci tvorby, ale klidně i kreativita v rámci chodu společnosti, nebo shánění zakázek. Optimalizace je o tom soustředit se na směry, které nelze nijak zjednodušit, což je umělecká a jakákoliv další kreativní část tvorby. Zbytek směrů op-

timalizace eliminuje pouze na nejjednodušší úkony. Základní stavební jednotou je čas, ten rozhoduje o osudu většiny z nás. Čas v byznysu je velice jednoduše přepočítán na peníze díky zdrojům v hodinách. Velké firmy mají naprosto rozdílný přístup k naceňování zakázek, než malé. Například v UPP se naceňuje na základě zkušeností odborníků a přiřazení konkrétních záběrů ke 3 stupňům obtížnosti zpracování. S tím, že každý stupeň je jinak ohodnocen. Malé a střední podniky vyčíslují každý úkon zvlášť a podle vlastích zdrojů se snaží zakázku nepodcenit, ani nepřecenit. Tím chci říci, že rozhodují lidé, projekt od projektu se cena liší a neexistuje způsob, jak dané ceny sjednotit. I když necháte nacenit tožnou zakázku více firmám, každá se bude ve svém nacenění o něco lišit. Proto i já své odhady stavím na zkušenostech svých, a vedoucího práce. Také na zkušenostech z experimentů, kterém jsem měl možnost podstoupit.

Při optimalizaci jsem zprvu nahlížel na velikost firem a chtěl jsem jí rozdělit do 3 částí, podle velikosti společností. Ale hned v první – té největší jsem našel obrovské administrativní problémy, které se musí řešit. Protože optimalizace se týká jader fungování zaběhnutých postupů, museli by se vyhradit vedoucí pracovníci, kteří by se přeučovali, na jiný software tak, aby se nenarušil běh projektů. Dále by se musel vytvořit tým uvnitř firmy, který by se o tyto změny staral a zaučování by koordinoval, sledoval by nové trendy řešil problémy, vydával interní firemní doporučení a vytvářel nástroje pro zjednodušování výroby. Náklady vynaložené této činnosti by se zhodnotily až za dlouhý čas a popsat jednotlivé kroky je mimo rozsah této práce.

Cílovou skupinu jsem tedy určil jako střední, či malé společnosti, které jsou v rozhodování velice flexibilní a optimalizaci jim pomůže k většímu růstu.

V první řadě jsem studoval postupy, existující autorigy, existující komerční nástroje pro zrychlení. Je jich opravdu obrovské množství. Na základě těchto poznatků a poznatků vývojového oddělení disney (kde vzniklo mnoho dnes používaných nástrojů, jako simulace sněhu, jednodušší deformace objektů, reálné vlasy, sub-divide atd.) Na základě těchto vědomostí jsem určil potenciál ve tvorbě nástrojů na míru a zjistil, že i když jsou na počátku drahé a časově náročné, jejich návratovost roste exponenciální křivkou.

Optimalizace většiny respondentů v první řadě spočívá pouze v tom se více optimalizací zabývat. Někteří z nich začali, ale vzhledem k jejich velikostem, množstvím zakázek a zaběhnutým postupům, které fungují, není tato disciplína brána v potaz. Studia se zlepšují spíše velice postupně, až na základě reálného podnětu od zaměstnanců. I proto je zde velký prostor pro malé subjekty v konkurenci. Rozhoduje totiž každý detail. Můžete namítnout,

že „pouze“ optimalizace nic nezmůže a měli byste pravdu. Synergií optimalizace ve všech oborech tedy marketingu, obchodu, politiky a technických částech však ano.

Bohužel žádná z firem mi nedá přístup k jejich know-how a konkrétním řešením, nicméně z otázky E - (Máte kolegu, který se zabývá pouze skriptováním a optimalizací postupů? Pokud ano, jak dlouho?), lze usoudit jakým způsobem se respondenti k otázce optimalizace staví a jestli automatická řešení opravdu používají.

Pro optimalizaci nákladů je také vybrat vhodný nástroj-software.

Pro část riggingu a animace je bezkonkurenční MAYA což mi potvrdila většina respondentů.

U rendereru je situace proměnlivá, velké a středně velké firmy preferují Arnold, menší mental ray a V-ray. Optimální řešení je dle mých propočtů V-ray. Nakupovat celý jiný 3d software pouze pro nastavování světel, materiálů a rendering mi nepřijde ideální, MAYA samotná to umí více než dobře.

Jako kompoziční program bych neoptimálněji volil Fusion, protože obsahuje prakticky totožné nástroje jako nuke, jen má jiní UI, ale to je pouze otázka zvyku. Jeho cena je bezkonkurenční, i pro komerční projekty – internetovou produkci, je zdarma. Pro verze stojí pouze 26 000,-.

Poslední položkou už jsou automatizovaná řešení. Ty mohu pouze doplnit na základě vlastních zkušeností, pokud je firmy využívají pouze okrajově. Má zkušenost je 90% úspora času, nicméně po konzultaci s profesionály v oboru jsem dospěl k závěrům vedeným níže v tabulce.

Zdroje: <https://www.highend3d.com/maya/scripts-plugins/c/downloads>

<https://www.disneyresearch.com/>

<http://www.pearltrees.com/iwona.h./animation-cg-research/id7764593#1498>

Technicky se bude postupovat:

- 6) Rigging MAYA
- 7) Animace MAYA
- 8) Převod do Alembic
- 9) Render MAYA + Vray 10ti počítačová farma

10) Kopoziting Fusion (tracking pohybu kamery, keying herce na zeleném pozadí, rozbití prostředí) Časově neomezená verze

Náklad	cena	trvání výroby (h)	časová úspora
Rigging	5 000 Kč	10 h	67 %
Animace	20 000 Kč	40 h	0 %
Nasvětlení	4 000 Kč	8 h	20 %
Render	6 000 Kč	12 h	40 %
Kompoziting	15 000 Kč	30 h	40 %
Maya	52 000 Kč		
Vray 1x + 10 nodů	55 000 Kč		
Fusion	26 000 Kč		
Celkem:	183 000 Kč	13 dní*	33 %
Zisk	367 000 Kč		

Obrázek 9 - výpočet ceny

Všechna tato data jsou velice subjektivní, slouží pouze k přirovnání, protože kvalita spolehlivě nelze vyjádřit prostým číslem.

Z tabulky je zřejmé že časově se daná zakázka průměrně o 33% zkrátila, což je třetina a to je u roční zakázky 4 měsíce. Samozřejmě tvorba automatizačních řešení stojí také čas, ale jeho následná úspora je opravdu velká. U některých projektů dokonce rozhoduje o jejich realizovatelnosti. Na základě optimalizace softwaru lze dosáhnout také úctyhodných výsledků, nicméně ty jsou sekundární, vzhledem k individuálnosti jejich použití. Jinak řečeno, zaučení nových pracovníků generuje také náklady nejen v prostředcích, ale i v čase.

8.5 Zrychlení výroby úspora nákladů

8.5.1 Rendering

Původně se zdálo, že nejvýhodnější je Arnold, jenž je součástí mayi, avšak je pouze pro jeden počítač a síťový render s ním není možný. Další možností, která je velice zajímavá byl Nativní mental ray, ale ten je nativně možné využívat pouze pro 5 render nodů, dalších 5 opět stojí další licenci mayi – což znamená že se teoreticky hodí pro větší studia, která

mají nakoupených 5+ licencí mayi, bohužel není tolik podporován a autodesk ten renderer opouští.

Nakonec ale, dle informací a údajů výše vyhrál Vray. Výukových materiálů a podpory je obrovské množství a jeho cena je vcelku také příznivá. Pokud srovnáme ceny tak licence mayi + 10 render nodů vyjde s

Mental rayem na **104 000 Kč** (2 x licence maya 10 x render nodes)

V-rayem na **107 000 Kč** (1x licence maya 1x Vray a 11 render nodes)

Arnoldem na **347 000 Kč** (1x licence maya 10 x Arnold renderer = render node)

A pokud využíváme nižší verze V-raye tak render nodů je neomezené množství. Nicméně dle vyjádření studií na pohyb a animace je Arnold výrazně lepší, otázka zní, zda je tato kvalita tolik markantní pro běžného diváka. Pokud se jedná o klasický velkorozpočtový film – zde samozřejmě, kvalita vidět lze, nicméně rozpočet tomu odpovídá. Pro menší projekty a reklamy už je otázkou, jak dobře umí s levnějšími nástroji tvůrci pracovat.

9 ZÁVĚR

9.1 Dopad optimalizace na výrobu

Optimalizace výroby audiovizuálních děl v Česku stále nemá pevné základy a je spíše přehlížena. Ani UPP, které je u nás největší nemá vlastní vývojové středisko, které by jim pomohlo ve středně, až dlouhodobého horizontu, snížit náklady a zvýšit zisky tím, že by některé repetitivní procesy automatizovalo.

Stejný problém je ve školství, stále je ve své pokročilé, tedy magisterské části zaměřeno velice obecně. Na západě už několik desítek let probíhá specializace, jen my stále nějak spíme. Ve výrobě bakalářských a magisterských filmů nejsou nápomocni odborníci, kteří by práci zrychlili, tím zkvalitnili, a navíc by získali možnost poznat potenciální nové kolegy. Konzultace se vedou nepřímou tak, aby se neprozradilo firemní know-how, je to škoda, trpíme pak všichni. Zaměstnavatelé nekvalifikovanou pracovní silou a studenti nemožnosti kvalifikaci získat. Naprosto nejlepší možností by byla například půlroční neplacená stáž přímo v UPP.

9.2 Budoucnost optimalizace výroby v uměleckých oborech

Nárůst hardwarového výkonu bude vždy znamenat revoluci v jakémkoliv digitálním odvětví. Bezkompresní raw data z kamer, rendering 32 bitových exr pro všechny důležité součásti obrazu, větší davové scény, rychlejší simulace.

9.3 Otázky a odpovědi

Otázka: Opravdu jsou časy určené ve fiktivní zakázce reálné a směrodatné?

Odpověď: Reálné ano, ale směrodatnost je opět velice abstraktní pojem, jsou výsledkem dlouholeté praxe a zkušeností nejedné osoby. Bohužel žádná společnost Vám veřejně a závazně přesná data nedá, jelikož se prostě cení každému klientu jinak dle jiné strategie. Nicméně pro návrh optimalizace a pro srovnání jsou plně dostačující. V maximální možné míře se přibližují reálu.

Otázka: Je testování pouze 4 respondentů věrohodné?

Odpověď: Ano, šlo o prostudování animátorů, kteří se animací živí, mají tedy motivaci vyrobit maximum. Navíc je do testování zařazen i technický ne tolik pokročilá Eliška, která se s AE teprve seznamuje, čímž nám průměr dorovnává běžnějšímu uživateli.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Zdroje: OKUN, Jeffrey A, Susan ZWERMAN, Kevin RAFFERTY a Scott SQUIRES. *The VES handbook of visual effects: industry standard VFX practices and procedures*. New York: Focal Press, Taylor & Francis Group, 2015. ISBN 9781138012899.
- [2] WRIGHT, Steve. *Digital compositing for film and video*. 3rd ed. Boston: Elsevier/Focal Press, c2010. ISBN 978-024-0813-097.
- [3] GANBAR, Ron. *Nuke 101: professional compositing and visual effects*. 2nd edition. San Francisco: Peachpit Press, 2014. ISBN 03-219-8412-9.
- [4] BIRN, Jeremy. *[Digital] lighting. Third edition*. San Francisco, CA?: New Riders, 2014. ISBN 03-219-2898-9.
- [5] CHRISTIANSEN, Mark. *Adobe After effects CC: visual effects and compositing : studio techniques*. Berkeley, California: Peachpit, 2014. ISBN 03-219-3469-5.
- [6] CLARK, Brad, John HOOD a Joe HARKINS. *Inspired 3D advanced rigging and deformations*. Boston, MA: Thomson, 2005. ISBN 15-920-0116-5.
- [7] http://technet.idnes.cz/vime-proc-mate-na-fotkach-osklivy-sum-jak-pracuje-snimaci-cip-v-digitalu-1ni-/tec_foto.aspx?c=A070625_094646_tec_foto_jlb
- [8] <http://www.digitalartsonline.co.uk/news/motion-graphics/lytro-cinema-camera-lets-you-shoot-without-greenscreen-record-3d-refocus-while-editing/>
- [9] <https://forums.creativecow.net/thread/2/998601>
- [10] <http://www.personal-view.com/talks/discussion/6144/easy-video-explaining-444-422-and-420-for-noobs/p1>
- [11] <http://www.red.com/learn/red-101/video-chroma-subsampling>
- [12] <http://www.telairity.com/assets/downloads/Digital%20Color%20Coding.pdf>
- [13] http://www.poynton.com/PDFs/Chroma_subsampling_notation.pdf
- [14] https://en.wikipedia.org/wiki/Display_resolution#Televisions
- [15] <https://www.shotgunsoftware.com/>
- [16] <https://forum.blackmagicdesign.com/viewtopic.php?f=22&t=29515>
- [17] <http://www.schoolofmotion.com/nuke-vs-ae-compositing/#>

- [18] <http://www.definitionmagazine.com/journal/2015/3/17/vfx-software-shoot-out-fusion-vs-smoke-vs-nuke.html>
- [19] <https://www.thefoundry.co.uk/products/nuke/buy/>
- [20] <https://www.blackmagicdesign.com/products/fusion/vfx>
- [21] <https://commerce.adobe.com/>
- [22] <http://www.autodesk.eu/store/products/maya?term=1year&support=basic#>
- [23] <https://www.chaosgroup.com/vray/maya>
- [24] <https://www.solidangle.com/arnold/buy/>
- [25] <http://byznys.ihned.cz/c1-65149520-ceska-narodni-banka-korunu-s-uzdy-nepusti-na-urokovou-sazbu-se-rozhodla-nesahnout>
- [26] <https://www.highend3d.com/maya/scripts-plugins/c/downloads>
- [27] <https://www.disneyresearch.com/>
- [28] <http://www.pearltrees.com/iwona.h./animation-cg-research/id7764593#1498>

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 - pipeline Vfx	14
Obrázek 2 - Ludvík Koutný, ukázka z portfolia	48
Obrázek 3 - ukázka loutky	59
Obrázek 4 - kopírování klíčů	59
Obrázek 5 - rigovaná tabulka	60
Obrázek 6 - skriptované prvky	60
Obrázek 7 - experiment	61
Obrázek 8 - výpočet ceny	64

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 - Rozlišení	23
Tabulka 2 - srovnání cen	41
Tabulka 3 - porovnání nákladů	42
Tabulka 4 - ceník.....	54
Tabulka 5 - náklady.....	56

SEZNAM PŘÍLOH

2x DVD s obsahem praktické práce