

BRATISLAVA 2017

Bc. Ľubomír Timko

VYSOKÁ ŠKOLA MÚZICKÝCH UMENÍ V BRATISLAVE

FILMOVÁ FAKULTA

ŠTUDIJNÝ OBOR: VIZUÁLNE EFEKTY

NÁZOV DIPLOMOVEJ PRÁCE:

JEDEN MALÝ FÓR

PRACOVNE POSTUPY A TVORBA VIZUALNYCH EFEKTOV A ICH UPLATNENIE

Evidenčné číslo:

Autor diplomovej práce: Bc. Ľubomír Timko

Vedúci diplomovej práce: Ing. Marek Ježo ArtD.

Čestné vyhlásenie

Čestne vyhlasujem, že na diplomovej práci na tému „Jeden malý fór“ som pracoval samostatne na základe vlastných teoretických a praktických poznatkov, konzultácii a štúdia odbornej literatúry, ktorej úplný prehľad je uvedený v zozname použitej literatúry.

Strana | 2

V Bratislave, dňa

Podpis

PodĎakovanie

Dovoľujem si poďakovať môjmu školiťovi Ing. Marekovi Ježovi ArtD. za odborné vedenie, usmernenie a pripomienky pri tvorbe mojej diplomovej práce.

Názov diplomovej práce

Jeden malý fór

Strana | 4

Abstrakt

Dramaticky príbeh novinárky, ktorá je prenasledovaná pre jednu malú básničku. Príbeh sa odohráva na prelome tisícročia a je inšpirovaný skutočnými udalosťami. Dobové zasadenie príbehu si vyžaduje viacero post produkčných úprav a taktiež kľúčová scéna - horenie hlavnej aktérky Jany, sa docieľuje využitím pokročilých simulácií v postprodukcii.

Kľúčové slová: CG, grafika, krátky film,

Name of diploma thesis

One little joke

Strana | 5

Abstract

The dramatic story of a journalist who is persecuted for one small poem. The story is set at the turn of the millennium and is inspired by true events. Contemporary story involved a numerous post production edits and also a key scene - the main burning scene of our hero, Jane, was accomplish by using advanced simulations in post-production.

Key words: CG, grafika, krátky film, vedecká fikcia, komédia, dedina

KAPITOLA 1 OBSAH

Kapitola 2 Úvod	8
Kapitola 3 Námet a scenár	9
Inšpirované skutočnosťou	9
Scénar	11
Štáb	11
Kapitola 4 Preprodukcia	13
Testy v ateliéry	13
Kapitola 5 Workflow a pipeline	15
Workflow	15
Názvoslovie	15
Použitý softvér	19
Správa vnútri softvéru	20
Pipeline	20
Shot vs Asset	21
Profesie v postprodukcii	22
Pipeline v praxi	24
Postup pri práci	25
Kapitola 6 Produkcia VFX záberov	27
Redakcia	29
Skúška ohňom	30
Kapitola 7 Oheň, dym a voxely	31
História a techniky	31
Voxel	33
Fumefx a čo je za ním	37

Strana | 6

Použitie v praxi	41	
Deep compositing	46	
Kapitola 8 Záver	49	
Kapitola 9 Referencie	50	Strana 7
Citácie.....	50	
Zoznam obrázkov	50	

Prípravy na film začali v lete 2015, teda krátko po bakalárskom štúdiu a námetom nám bol príbeh Jany Teleki, a hlavne jej blog na Denníku N. Následne sme vychádzali z jej knihy - Keď satira zabíja. Zo samotného oficiálneho textu nadobudneme pocit kde sa pohybujeme - "Príbeh, ktorý sa písal 16 rokov. Prenasledovanie novinárky slovenskou justíciou. Policajné násilie a svojvôľa. Zneužívanie psychiatrie. Sudcovia a prokurátori, ktorí zneužili svoje právomoci. Pravdivé udalosti, skutočné mená. Ľudia v talároch a uniformách, ktorí zlyhali, ale dodnes majú právo vykonávať štátnu moc."

Čo mňa motivovalo pristúpiť k tomuto filmu, bolo hlavne pozícia efektov v rámci rozprávania príbehu a ich dôležitosťi rozpovedania hlavného vnútorného konfliktu hrdinky – jej zapálenie v redakcii, ktoré sa naozaj odohralo. Druhou nemenej dôležitou vecou pre tento film bola moja pozícia spoluproducenta filmu a to osobným vkladom financií do natáčania. Takisto mi vyhovovalo skoré natáčanie filmu a to leto 2016, ďalšie dotáčky sa bohužiaľ odohrali v apríli a máji 2017 pretože pôvodný plán narušilo počasie – príchod zimy.

V tejto práci by som sa predovšetkým chcel venovať základom workflow-u, pipeline a základným nastaveniam ako pristupovať k akejkoľvek práci, či už profesionálnej, študijnej alebo osobnej. Vždy je dôležité dodržať postupy a nútiť sa ich dodržiavať aj keď pracujete iba sám alebo pod časovým tlakom. Druhou časťou práce bude vysvetlenie základov častíc pomocou FumeFx.

KAPITOLA 3 NÁMET A SCENÁR

Strana | 9

Pamätám si naše prvé stretnutie ohľadom námetu s režisérom Martinom Gondom, pri pive samozrejme. Celému námetu predchádzal tento rozhovor a vzájomná dohoda medzi nami. Martin ma oboznámil s blogom pani Teleki na denníku N, kde popisuje praktiky z čias mečiarizmu a jej niekoľkoročné snahy o obvinenie, uväznenie alebo vyhlásenie za nesvoj právnú. Téma pri ktorej sme si už pri prvom stretnutí povedali, že môže byť nebezpečná, hlavne kvôli tomu, že mnohí menovaní sú v dnešnej vláde doteraz a určite sa o nich nehovori v dobrom. Na jej blogu sme našli niekoľko závažných obvinení na osoby z dnešnej politickej sféry.

Napriek tomu nás to ale neodstavilo od preberania námetu a jeho spracovania, ja som sa zaviazal ako spoluproducent, najprv. Po dlhšej diskusii sme pristúpili k osloveniu scenáristu Mateja Sekerku, ktorý začal pracovať na scenári, ten sme spolu s Martinom Gondom, Martinom Šusterom a mnou samozrejme, sme začali s dramaturgiou. Už počas vývoja scenára sa vyskytlo niekoľko problémov. Dobové zasadenie a hlavná scéna pokusu o upálenie hlavnej herečky. Vtedy som sa o projekt začal zaujímať už aj ako VFX supervízor a pristúpil som k nemu ako s možnosťou na môj magisterky film. Prvotný záujem bol iba producersky, pretože ma téma zaujala iba z morálneho hľadiska.

INŠPIROVANÉ SKUTOČNOSŤOU

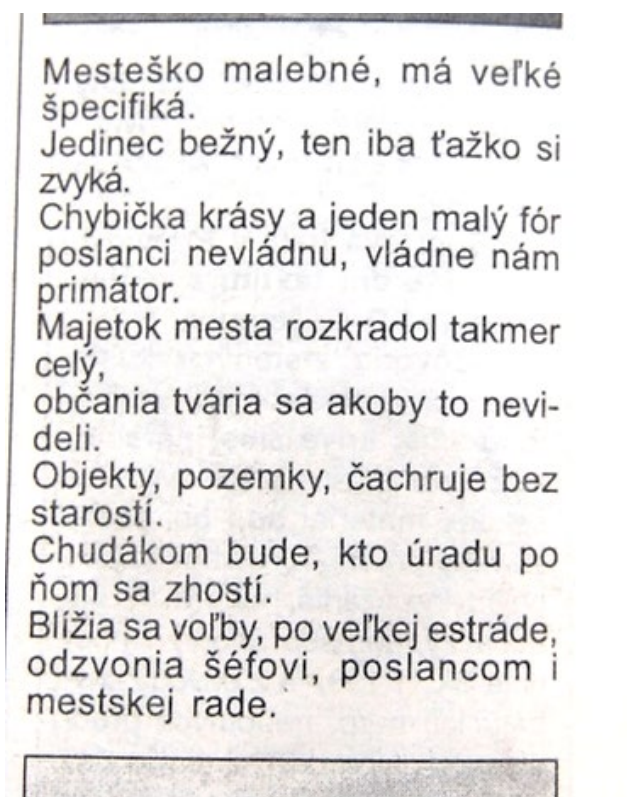
Ťažko túto problematiku podchytiť na pár riadkov a bez vonkajších citácií. Preto sa pokusím čo najstručnejšie uviesť všetky dôležité aspekty tohto prenasledovania aby ste dostali najlepší obraz o danej problematike. Najprv uvediem niekoľko postrehov priamo od pani Teleki.

Trestnú vec právoplatne skončenú v roku 2011 tretíkrát posudzuje civilná sudkyňa. Posudzovanie a rozhodovanie o trestnej veci, právoplatne skončenej

v občianskom súdnom konaní civilnou sudkyňou, je natoľko zvrátené, protiústavné a nezákonné, že súdny človek nie je schopný abnormalitu stráviť. (1)

Jana Teleki o tom ako to bolo s písaním jej knihy „Keď satira zabíja“, o ktorú sa opiera aj náš film, bola vydaná v novembri 2015 vydavateľstvom Tepis, ISBN – 9788097214005. Teda Strana | 10 krátko po našich úvodných stretnutiach s režisérom.

Absolvovala som množstvo stretnutí s vydavateľmi, kde mi bolo vysvetlené, že kniha nie je vhodná pre slovenského čitateľa, respektíve slovenský občan nepochopí obsah knihy a slovenský knižný trh nie je pripravený na štýl podania príbehu a samotný význam porušovania práv. Ani vydavatelia nechceli ísť do zverejnenia skutočných mien, udalostí a faktov, bolo to pre nich niečo nové - v skutočnosti je to ale len môj skutočný príbeh, ktorý už v dobe blogovania odkryl oveľa väčší perimeter zneužívania právomocí. (2)



Obrázok 3-1 fotka básničky z týždenníka Aspekt

V krátkosti celú problematiku vystihol Matej Gašparovič z časopisu týždeň.

Primátor Považskej Bystrice zažaloval v roku 1998 novinárku Janu Teleki za verše v novinách. Hoci trestné stíhanie bolo ukončené už pred dvanástimi rokmi,

súdená je dodnes – pod iným spisom. Ako je možné, že v očividne absurdnom procese, v ktorom zohrala svoju rolu aj prokurátorka Lucia Čentéšová, manželka parlamentom zvoleného generálneho prokurátora, sa dodnes pokračuje? Vráťme sa na začiatok do roku 1998. Vtedajší primátor a niekdajší tieňový minister vnútra za HZDS Ľuboš Lackovič zažaloval novinárku a konateľku považskobystrického týždenníka Aspekt Janu Teleki. (3)

Strana | 11

K scenáru teda bolo dôležité využiť všetky dostupné informácie, a to v tej dobe hlavne z jej osobného blogu na denníku n, či z ďalších zdrojov ako uvádzam aj ja vyššie. Ďalším zdrojom bola neskôr jej vydaná kniha – Keď satira zabíja, ktorá je mimochodom dnes už vypredaná, existuje podozrenie, že hlavne sa o to postarali samotní nechcení aktéri menovaní v knihe, ako ochranu pred šírením. Takisto môžete dnes už len na internete dohľadať príspevky z niekdajšej, dnes už zrušenej relácie Paľba.



Obrázok 3-2 Jana Teleki v roku 2013 na fotke od Dušana Tarka

SCÉNAR

ŠTÁB

Réžia – Martin Gonda

Kamera – Oliver Záhlava

Strana | 12

Scenár – Matej Sekerka

Produkcia – Tereza Svatoňová

Asistenti kamery - Nick Kolár, Marián Ontko

VFX supervízor – Ľubomír Timko

Strih – Dominik Reisel

Hudba a zvuk – Emil Smoliga

Grafici – Raphaela Klein, Tomáš

Scénografia –

KAPITOLA 4 PREPRODUKCIA

Od začiatku nám bolo jasné, najťažším záberom bude presvedčivé horenie hlavnej hrdinky v redakcii. V začiatkoch sme zvažovali rôzne možnosti, ako zariadiť celú redakciu na opustenom mieste kde by sme mohli zapáliť figurínu, skúšali sme aj nájsť redakciu kde by s tým boli v pohode, ak by sme čo to opálili. No márne, obavy podľa nás neboli na mieste. Ako najrozumnejšie nám ale teda prišlo riešenie, ktoré je aj najjednoduchšie. A to spojiť dva zábery, horenie figuríny a reálnej redakcie. Za redakciu sme si napokon vybrali priestory denníka N. No pred samotným natáčaním priestoru sme si museli byť úplne istý ako svietiť priestor, ktorého zdrojom bude reálny oheň a ako to docieľiť.

Strana | 13

TESTY V ATELIÉRY

Prvým bodom bolo zistiť, ako oheň ovplyvňuje svoje prostredie. Predpoklad väčšiny ľudí je oheň=veľa svetla. Ten je ale principiálne postavený na zlom základe. Dôležité pre nás bolo študovať oheň a je to vplyv na prostredie. A výsledok je pomerne jednoduchý, svetlo z ohňa vôbec nie je také intenzívne a smerom od zdroja slabne omnoho viac ako by sa čakalo. (doplniť o fyzikálne konw how)



Obrázok 4-1 Na pravej strane vidíme zástupy ľudí, svetlo z tohto obrovského zdroja k nim ledva doputuje. To je pre mnohých prekvapením, pretože sedliacky rozum nám vraví – toho svetla musí byť predsa určite viac, pozri aký je ten oheň veľký

Po tomto štúdiu sme sa zamerali na testy v ateliéri. Figurína, blackmagic kamera, parochne a svetlá ARRI. Skúšali sme rôzne možnosti a nastavenia svetiel, nakoniec sme

dospeli znovu najľahšiemu riešeniu. A to mäkke svetlá cez dimmeri. Na zmenu ntenzity svetiel sme použili už spomenutý dimmer a ruky, nohy čo ostali voľné. Scéna vyzerala nasledovne.



Strana | 14

Obrázok 4-2 Po stranách ARRI svetlá plus jedno svetlo z ľavej strany, ktoré pri teste simulovalo svetlo z exteriéru

Takisto sme si aj otestovali svetlo z pozície celku, dôležité bolo nájsť správnu rýchlosť zmeny intenzity a rozsah zmien. Oheň nikdy neklesne na nulovú intenzitu, najlepšie je sa pohybovať niekde v okolí 30-75 percent intenzity svetla.



Obrázok 4-3 Pohľad z kamery Blackmagic. Takúto kompozíciu sme plánovali už v preprodukcii

Čo znamenajú tieto dve často používané slová v našom VFX svete? Samotný preklad slov nám dáva celkom peknú predstavu o čo by sa malo jednať. No niekedy sa to ťažko transformuje do reálnych a konkrétnych krokov pri práci za počítačom či pri komunikácii s ďalšími členmi tímu.

WORKFLOW

Je to súčet všetkých zaužívaných návykov, ktoré grafik nadobúda vlastným procesom tvorby alebo preberie z praxe a začlení ich do svojich návykov. Často krát sa jedná o nevhodné pomenovanie alebo nedostatočne venovaný čas predprípravy predtým ako sa pristúpi k samotnému natáčaniu či samotnej tvorby digitálneho obsahu.

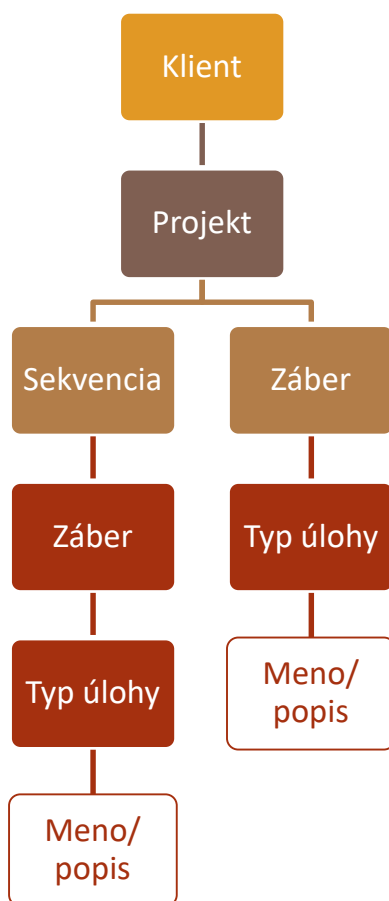
Z vyššie uvedeného odseku teda vyplýva jedna vec – že mnoho návykov môže byť nesprávnych alebo nevhodných pri spolupráci v tíme. Niekedy to platí aj keď pracujete sám na projekte, nespočetne veľa krát sa totiž stáva, že k projektu ku ktorému sa musíte niekedy vrátiť aj po roku, ako sa stalo aj mne pri tomto projekte, prestane rozumieť, to sa mne nestalo. Hlavne kvôli dodržiavaniu pár základných pravidiel, ktoré by som rad odporučil každému, samozrejme nejedná sa o striktné pravidla ale len o výpis rád pre lepšiu prehľadnosť projektov.

NÁZVOSLOVIE

Toto je kameň úrazu asi každého z nás, nedostatočné či ľahostajné pomenovanie súborov alebo názvov v scénach je najbežnejším problémom každého z nás. Preto sa treba snažiť a niekedy aj nútiť samého seba k dôslednému dodržiavaniu princípov. Ako ma aj

profesionálna prax naučila, neustále pripomínanie tohto pravidla je na mieste, niekedy potrestanie, možno aj odrezanie ruky ak je pacient(grafik) nepoučiteľný.

Základným pravidlom pre pomenovanie súborov je zrkadlenie adresárovej štruktúry do súboru. V tomto prípade ale adresárová štruktúra musí mať náležitý zmysel. A teda Strana | 16 nemôže sa jedna o prípady nazvania adresárov ako – Fero, 0000, niečo, dotacky, asdf, apod. Adresárová štruktúra teda musí mať logické stupňovanie a jasný význam ktorý by sa nemal dať zameniť za niečo iné. Odporúčam taktiež používať iba anglické názvoslovie, hlavne kvôli



Tabuľka 5-1 Základný graf rozdelenia adresárovej štruktúry

medzinárodnému kontextu ale skôr kvôli ťažkopádne prekladu niektorých zaužívaných technických názvov ako albedo, matchmoving apod.

Klient – v tomto prípade to teda môže byť „škola“ alebo to môžeme vynechať

Projekt – v našom prípade Teleki, je to názov ktorý je jasne odlišný od ostatných a zároveň jedinečný,

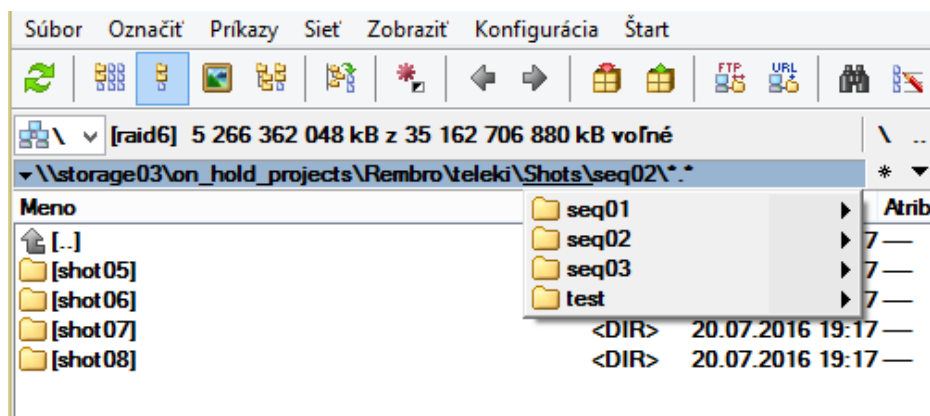
Záber alebo sekvencia – ak sa jedná o malý počet záberov, môžeme sekvenciu vynechať, sekvencia ale častokrát znamená len rozdelenie záberov podľa času natáčania alebo podľa druhu práce, ktorý treba vykonať na daných záberov. Neodporúčam ich nazvať ako Seq01, Seq02, takéto názvoslovie je nejednoznačné a mylné. Odporúčam teda – Leto, Jar alebo v lepšom prípade podľa typu práce a teda – Retouch, Fire, Water apod.

Typ úlohy – znamená compositing, matchmoving, modeling atď. Teda adresár s konkrétnym názvom úlohy alebo procedúry aký si daný záber vyžaduje. Je lepšie a vhodnejšie používať skratky, uvediem nižšie v anglickom jazyku a malými písmenami, ktoré odporúčam použiť.

Compositing	comp
Rotoscoping	roto, rotopaint
Modelling	model
Animation	anim
Simulation	sim
Matchmoving	mm
Layout	layout
Lightning	light
Rendering	render
Texturing	tex
Rigging	rig

Tabuľka 5-2 Výpis zaužívaných skratiek pre zjednodušenie pomenovania adresárov alebo súborov

Meno/ popis – niekedy ak na danej úlohe pracujú viacerý grafici je lepšie to rozdeliť podľa ich mena alebo podľa popisu, napríklad pri modelovaní charakteru to môže byť – head, body, props, cloth apod. Tento adresár je ale voliteľný, preto je aj v - Tabuľka 4-1- vyznačený inak, skôr sa používa pri pomenovaní samotného súboru.



Obrázok 5-1 Príklad zlého pomenovania štruktúry adresárov, názvy sú ľahko zameniteľné

Takže teda späť k súborom, ak zrkadlíme štruktúru nemáme teda problém ani žiadne dilemy pri pomenovaní daných pracovných súborov, dôležité je teda ešte pridať verziu. Nižšie uvádzam vzorec podľa, ktorého je dobre sa riadiť a hneď pod tým príklad daného vzorca.

<project>_<seq>_<shot>_<type>_<version>.ext

teleki_retouch_car_model_v002.ma

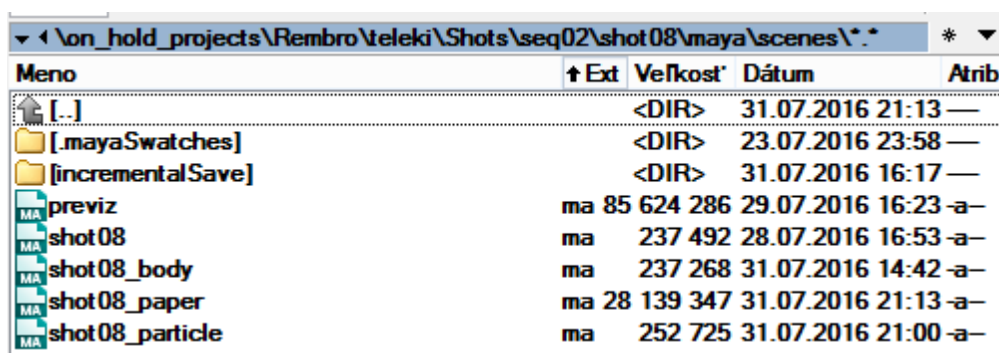
<project>_<seq>_<shot>_<type>_<name>_<version>.ext

teleki_fire_master_comp_sanchez_v012.nk

Celá cesta teda by mala vyzeráť takto:

(storage)E:/teleki/fire/master/comp/teleki_fire_master_comp_sanchez_v012.nk

Takto používaný systém je teda jednoznačný a priamo odkazuje na to čo by sme mohli očakávať v danom súbore bez toho aby sme ho museli vôbec otvárať.



Obrázok 5-2 Takto pomenované súbory sú jasne definované a môžeme predpokladať čo v nich nájdeme až na shot_08

Pri pomenovaní súborov a adresárov je ešte dôležité poznamenať niekoľko užitočný rád, ktorými by ste sa mali riadiť alebo ich aspoň zvážiť:

- Nepoužívať plurály
- Úplne sa vyhnúť medzerám, namiesto nich používať podčiarkovník (_)
- Takisto je vhodné riešenie používať iba malé písmena, pretože niektoré operačné systémy môžu byť „Case-sensitive“ – teda ten istý súbor kde zmeníte iba Model a model, sú dve rôzne súbory pre neho, pretože rozlišuje malé a veľké písmená
- Pre pomenovanie verzií súborov použitie troch čísiel, teda - xxx_v001.ma a použitie štyroch čísiel pri obrazových sekvenciách, teda - názov_xxxx.exr
- Pri textúrach je vhodné sa dohodnúť aké pomenovanie použiť a potom ich striktne dodržiavať, teda vždy použiť celý názov – diffuse, albedo, specular, sss, a vedieť kedy použiť skratky, napríklad vhodné je použiť skratky pri roughness a glossiness mapách pretože často dochádza k ich nesprávnemu hláskovaniu, lepšie je ich nahradiť rough a gloss

Strana | 19

POUŽITÝ SOFTVÉR

V mojom prípade sa jedná hlavne o použité Autodesk Maya 2016 Extension 2, teda Maya 2016.5 za použitia pluginu FumeFX pre častice od firmy Sitni Sati. Na deep compositing bol použitý Nuke 8 od Foundry. Na samotný render som využil renderer Arnold od SolidAngle, verzia 4.5. Týmto štyrom softvérom a ich správou sa budeme v mojej diplomovej práci venovať najviac.

Pri poukázaní na softvér je dôležité poznamenať, že počas dĺžky projektu sa neodporúča upgrade softvéru iba v prípade významnej či chyby opravujúcej verzie, ktorá nám pomôže vyriešiť problém či zrýchliť prácu. Inak to prináša len zbytočné problémy na neočakávanú spätnú kompatibilitu.

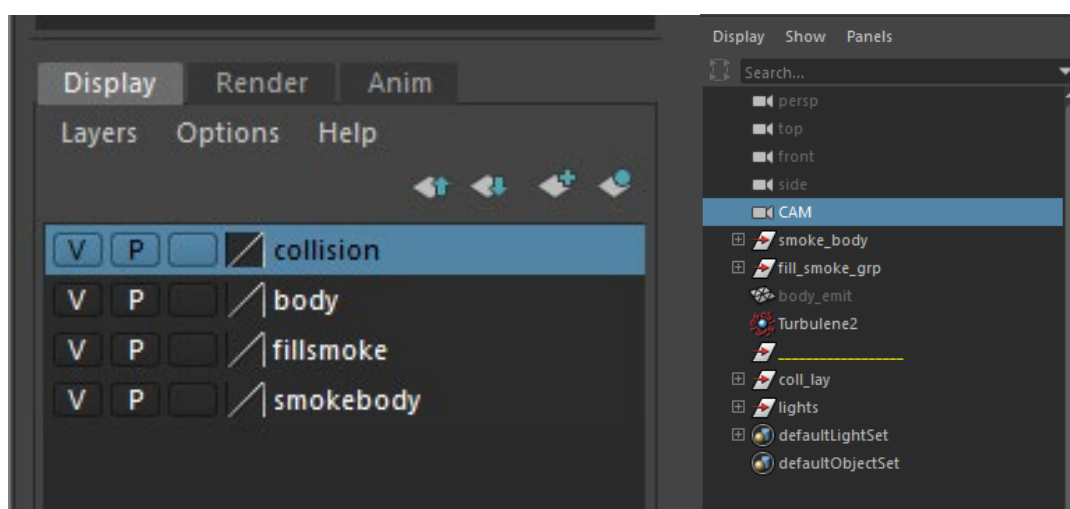
Mnohé vysvetlenia alebo princípy sú aplikovateľné aj bez ohľadu na softvér, keďže sú platné všeobecne a naprieč všetkými softvérmi podobné, ba rovnaké. Práve to je dôležité pochopiť, softvér ako Maya, Cinema, Max, sú len nástroje a princípy, workflow a technológia

ich častí zväčša funguje na rovnakom princípe, či sa už jedna o princípy správneho modelovania alebo voxelových pluginov pre simuláciu častíc.

SPRÁVA VNÚTRI SOFTVÉRU

Strana | 20

Prehľadnosť a exaktnosť pomenovania je najdôležitejšia, hlavne ak na tom pracujete sami. Teda používanie vrstiev, skupín a backdropov v prípade Nuke. Dané prostriedky nie sú v softvéroch aby nám zavádzali ale práve naopak aby sa využili, už len čistý Outliner a Hypergraph v Mayi dokáže urobiť aj rozdiel v samotnom výkone softvéru. Predíde teda zbytočným zásekom alebo padaniu softvéru z nepochopiteľných príčin. A hlavne, dostane prehľad aj po roku čo je dôležité a ako ste postupovali.



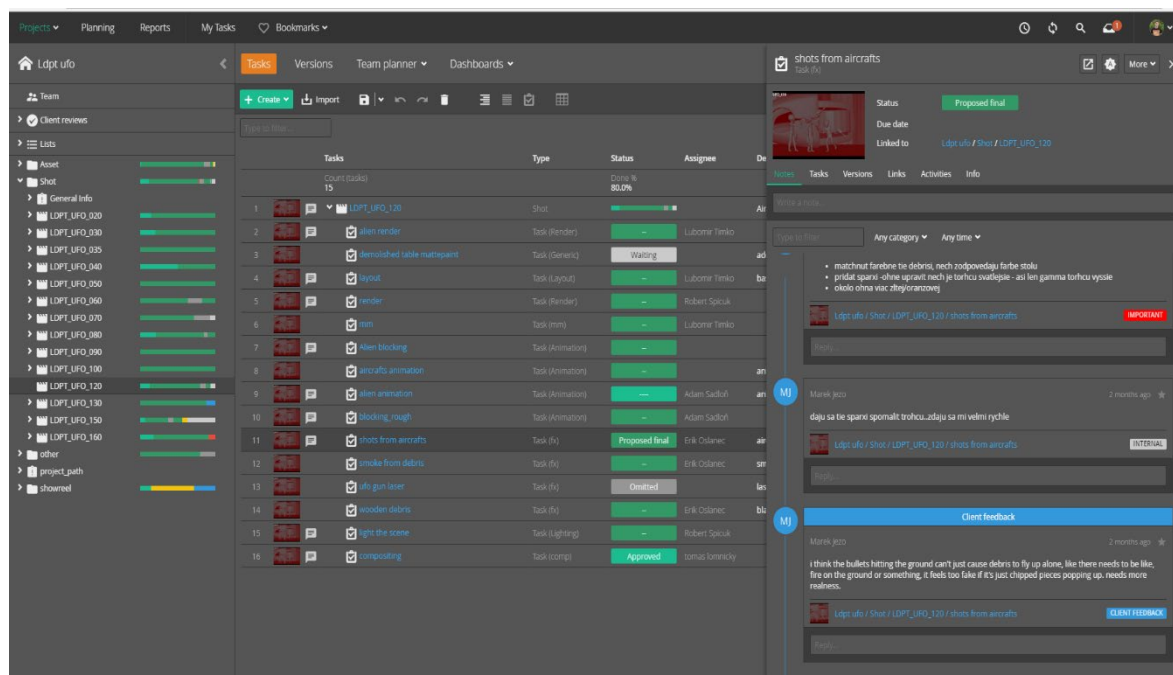
Obrázok 5-3 Ukážka správy Outlineru a Vrstiev v Mayi 2016.5, správne pomenovanie zvyšuje prehľadnosť projektu

PIPELINE

Ako vo fabrike pri pásovej výrobe, každý člen niečo vkladá, upravuje alebo mení predtým inštalované súčasti. Dalo by sa to dobre parafrázovať ako pri výrobe auta. Každé stanovište nainštaluje svoju časť a posunie to ďalej, interiér auta, palubovku, sedadlá, motor, nainštaluje sa vonkajší dizajn, plechy, plasty, svetla a kolesa. Na konci tak teda máme vyrobené nové krásne auto, ktoré celé je postavené okolo hlavnej nosnej konštrukcie.

To je naša pipeline. Tak ako konštrukcia aj pipeline je predpripravená pre inštaláciu a zmontovanie súčasti do výsledného produktu, a zároveň pipeline ako taká sa musí

manažovať a teda práca sa musí na čas posunúť ďalej, čo najrýchlejšie zistiť ak je nejaký problém a vhodne ho vyriešiť. Preto pri vhodnej pipeline grafici pri dokončení svojej časti sú



Strana | 21

Obrázok 5-4 Ukážka manažmentu projektu v fTracku

za úkolovaný ďalšou prácou. Takýto manažment na vysokej úrovni nám ponúkajú riešenia ako Shotgun alebo fTrack, im sa ale nebudeme v tejto diplomovej práci zaoberať.

V mojom prípade ide teda hlavne o správnu prípravu assetov alebo scén pre neskoršie použitie, či už z mojej strany alebo pre budúce posunutie ďalej, pretože na začiatku projektu nevieme s určitosťou či budeme sami alebo z nás bude malý tím. Taktiež ale uvediem ideálny stav posunu práce a jednotlivé pozície, stanovišťa.

SHOT VS ASSET

Je dôležité určiť pevnú hranicu medzi záberom a assetom, ich prístup k tvorbe sa teda musí líšiť. Záber je postavený zväčša z niekoľkých assetov s ktorými sa pracuje ďalej. Tvorba a úprava assetov je teda vyňatá z práce na zábere. Assety ďalej svetíme, upravujeme materiály a pripravíme ho na ďalšie použitie. V procese práce na zábere by sme teda nemali priamo v scéne upravovať jeho topológiu, rig, UVW, či iné technické záležitosti.

Asset môže byť, model s textúrami a základným materiálom vo vopred dohodnutej scéne, niekedy sa nazýva aj ako – asset_zoo. Táto scéna obsahuje svetelné podmienky,

niekedy priamo scén ktoré budú použité vo filme a ak nie sú k dispozícií vytvorí sa niekoľko základných nastavení, napríklad HDRI mapa v environmente s jedným priamym svetlom, alebo len niekoľko HDRI máp ktoré si grafik mení aby zistil odozvu materiálu na svetlené podmienky. Ak je s tým grafik spokojný, publishuje tento asset ako hotový ďalej po pipeline. Treba si uvedomiť, že tieto profesie sú špecializované. Vo veľkých produkciách teda máme na každý proces ako modeling, textúrovanie či lookdev(nastavenie materiálov), osobitnú pozíciu, no v menšej mierke sa častokrát stáva aby jeden grafik vyprodukoval celý asset úplne sám.

Assety ďalej putujú zväčša k lookdev alebo layout grafikovi, ktorý často krát vyskladanú scénu renderujú pre kompozitérovo, layout by sa ale mal predať lightning grafikovi na svietenie scény, no častokrát sa tieto hranice v reálne produkciách zmazávajú a tak jeden grafik je zodpovedný za viacero na seba spojených disciplín. Všetky pozície si teda teraz presnejšie rozvedieme. Ponechám ale anglické názvoslovie ich profesií.

PROFESIE V POSTPRODUKCII

CONCEPT ARTIST

Dôležitý člen tímu, snaží sa pretaviť myšlienky klienta, režiséra, umeleckého riaditeľa alebo VFX supervízora do konceptu spĺňajúceho všetky podmienky, vizuálne aj technické.

MODELLER

Grafik zodpovedný za samotnú tvorbu modelu po technickej stránke, preberá koncept od concept artistu, a je teda zodpovedný aj za jeho prevedenie do 3D podľa predlohy, taktiež je zodpovedný za vytvorenie UVW.

TEXTURING ARTIST

Preberá model a začne aplikovať rôzne textúry alebo ich nakreslí podľa predlohy, často krát sa táto pozícia prelína aj s lookdev artistom, pretože vo filmovej tvorbe nie všetky assety musia mať textúry, niekedy sa jedná o procedurálne generované materiály.

LOOKDEV ARTIST

Jeho výsledkom by mal byť hotový asset pripravený na použitie do záberu, otestuje všetky materiály, aplikuje textúry a dostane konečné schválenie od vedúcich.

MATCHMOVE ARTIST

Ak je záber už natočený je zodpovedný za prenos pohybu kamery do 3D priestoru.

LAYOUT ARTIST

Záber je vyskladaný podľa scenára, kamera sa buď prevezme od matchmove artistu alebo sa animuje podľa požiadaviek režiséra. Záber teda obsahuje všetky assety a po schválení je pripravený na svietenie a doladenie materiálov pre finálny render do kompozitingu.

Strana | 23

LIGHTNING ARTIST

Zodpovedný za svietenie scény, buď sa môže jednať o napodobenie reálneho svetla podľa natočeného záberu alebo o svietenie úplne od podlahy ak sa jedna o čisto 3D scénu, taktiež často krát upravuje materiály.

RIGGING ARTIST

Ak projekt obsahuje počítačom generované charaktery, rigging artist sa postará o to aby s nim mohol animátor pracovať a teda dodá mu mechaniku pre oživenie charakteru. Dôležité je poznamenať že táto úloha je málokedy ukončená, často sa rig upravuje až do úplného konca, preto je dôležité viesť správane pomenovanie a verzie. Aby sa pri problémoch mohol rig vrátiť späť na funkčnú verziu.

ANIMATOR

Dodáva život našim postavám či zvieratám, alebo všetkému čo sa hýbe a vyjadruje to svoj charakter. Začína v produkcii pomerne skoro, hneď ako sa vytvorí prvá verzia rigu.

SIMULATION ARTIST

Zväčša sa jedná o simulácie ohňa, dymu, vody ale môže ísť aj o vlasy, šaty alebo simulácie davu. Výstup simulation artista, je taktiež asset, ktorý komunikuje s modelárom už pri tvorbe assetu, napríklad šaty musia mať najprv UVW kým ich začneme simulovať.

ROTO AND PAINT ARTIST

Starajú sa o vyčistenie záberu od nechcených artefaktov, najmä spôsobených nepozornosťou pri natáčaní alebo pomocných lán. Rotoscopuju prvky pre kompozitéra.

MATTEPAINT ARTIST

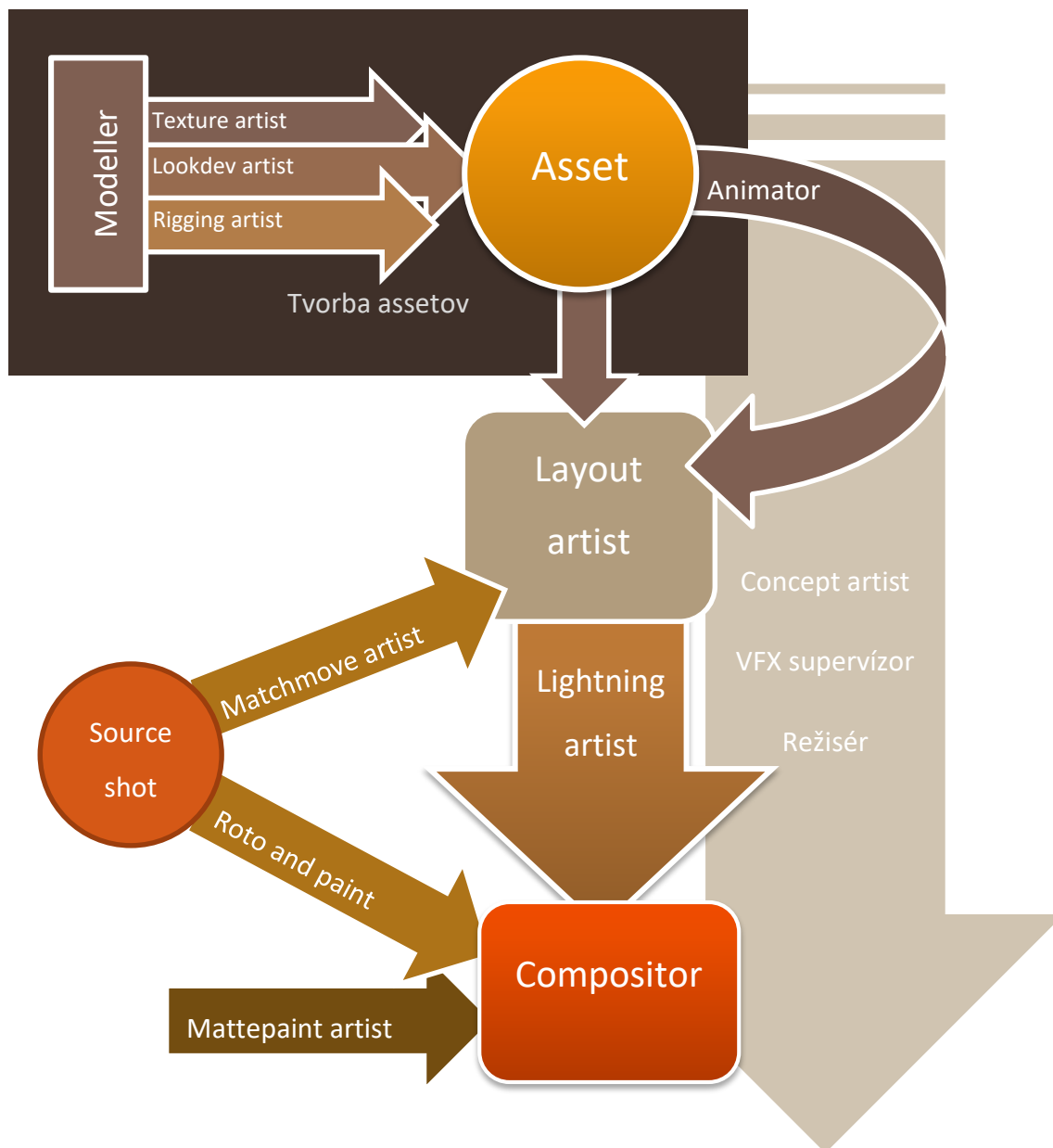
Vytvára pozadia a rôzne prvky pre pozadie, napríklad mraky, hory apod. Spolupracuje úzko s režisérom, VFX supervízorom a kompositérom.

COMPOSITOR

Skladá všetky renderované či natočené prvky do finálneho záberu, ktorý ďalej putuje na grading, ktorý si zabezpečuje produkčná spoločnosť alebo klient. Strana | 24

PIPELINE V PRAXI

Aké je teda ich vzájomné prepojenie a kde sa končí tvorba assetov a začína práca na zábere? Na to nám pomôže odpovedať niekoľko grafov nižšie. Všetko ale začína u scenáru, režisérovej vízie, to ale pre popis vynecháme. Na pravej strane grafu vidíte šípku, ktorá znázorňuje vstup concept artistu, VFX supervízora a režiséra počas celej dĺžky pipeline, ich vstup je nevyhnutný. Každý krok si vyžaduje schválenie kým sa posunie ďalej a zároveň concept môže vstupovať alebo byť platný pre rôzne profesie naprieč celým procesom.



Tabuľka 5-3 Graf znázorňujúci proces tvorby assetov a záberov

POSTUP PRI PRÁCI

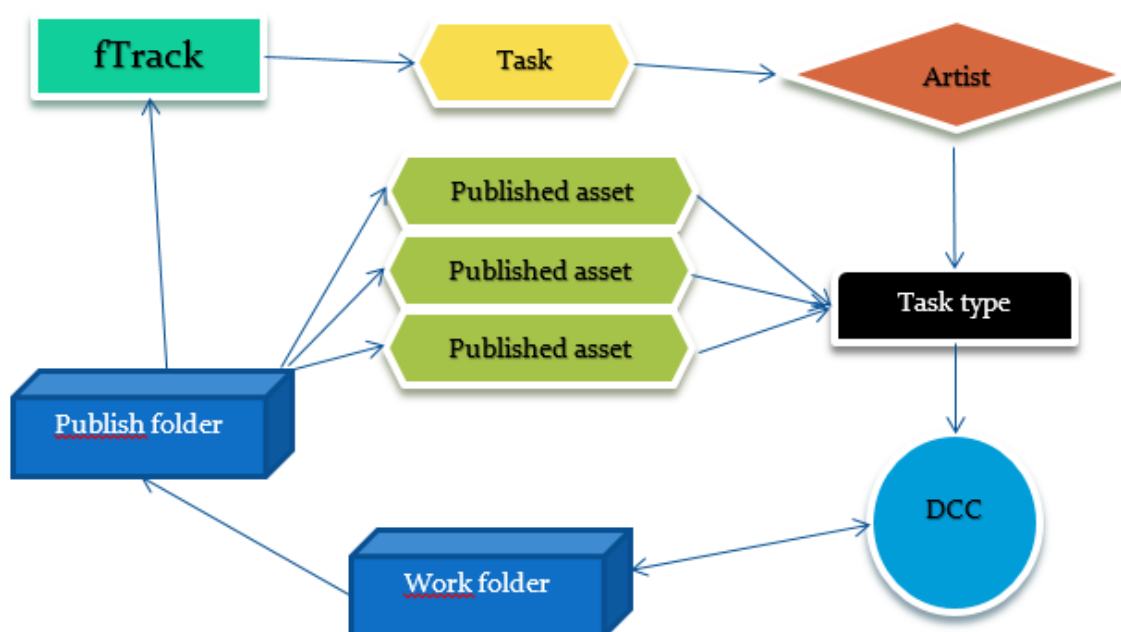
Vyššie uvedený graf ale nezodpovedá práci jednotlivca v celej pipeline. Tento zjednodušený graf nám dáva predstavu ako by mal fungovať celkový postup v štúdiu alebo teda aj v malom tíme. No ak zoberiem do úvahy projekt kde sa nachádza aj VFX supervízor, hlavný grafik alebo režisér, potrebujeme do grafov započítať aj schvaľovací proces. Uvedieme si to na procese lookdev/shading grafika.

1. Grafik prevezme koncept
2. Prevezme geometriu, teda model
3. Skontroluje si model
 - a. Geometria je parentnutá na svet
 - b. Žiadne nepripojené hrany alebo body
 - c. Žiadne opačné normály
4. Rozloženie UVW
 - a. Použitie viacerých UV pre lepší detail
5. Nastaví kamery na projekciu
 - a. Označí model ako pripravený na shading v manažérskom systéme
6. Začne pracovať na materiály
 - a. Priradí materiály z knižnice
 - b. Test render prvotného nastavenia
 - c. Upraví materiály pre docielenie konceptu
 - d. Ďalšie možnosti postupu
 - i. Vytvorí nový shader(môže to byť aj kód ak sa jedná o hru)
 - ii. Aplikuje textúry z knižnice
 - iii. Vytvorí nové textúry
 - iv. Nakreslí ďalšie detaily
 - e. Označí model ako pripravný na kontrolu v manažérskom systéme
7. Prácu upravuje až kým nedostane schválenie od supervízora
8. Označí model ako schválený v manažérskom systéme
9. Nainštaluje nové textúry do knižnice
10. Nainštaluje nové materiály do knižnice(prípadné shading code)
11. Kontaktuje oddelenia, ktoré idú po pipeline za ním

Toto je približný postup ako by mal jeden člen tímu pracovať. Samozrejme sa to môže líšiť od projektu a od toho ako sa nastaví prístup k textúram a materiálom. Tento model je prevzatý a upravený z knihy The VES Handbook of Visual Effects strana 936, článok od Stephan Vladimír Bugaj. (4)

Ako teda ešte vyzerá práca jednotlivca si môžeme ukázať aj na ďalšom grafe, kde vidíme ako jeho práca zapadá do štruktúr a k čomu má alebo naopak nemá prístup. V našom

manažérskom systéme, v tomto prípade fTrack, mu supervízor zadá úlohu(task), ten si grafik preštuduje a na základe typu úlohy si zoberie uverejnené assety(published asset) a upravuje ich v DCC(Digital content creator), teda program na tvorbu digitálneho obsahu. Jeho práca sa odohráva iba v pracovnom adresári(work folder), ak je asset alebo záber schválený, grafik ho vydá(publish) do predpripraveného adresára, ktorého cesta sa zaznamená do systému, fTrack. Takto oddelenia, ktoré budú nasledovať vedia kde presne a hlavne čo, majú hľadať. Pracovné a oficiálne finálne súbory sú oddelené.



Tabuľka 5-4 Vizualizácia prenosu dát a úloh

KAPITOLA 6 PRODUKCIA VFX ZÁBEROV

Zábery v tomto filme by sa ľahko dali rozdeliť do niekoľkých skupín. Nebudem sa v práci venovať záberom ktoré neobsahujú žiadny zásah zo strany VFX. Takisto sa vyhnem klasickým prerábkam alebo úpravám obrazov, retuší. Aby sme si to zhrnuli, zábery teda rozdelíme do troch skupín:

- Retuše

- Pridávanie dobových prvkov do záberov
- Nosné VFX zábery

Retuše väčšinou nie sú naplánované pred samotným natáčaním, preto sa nedá veľmi popísať ich príprava. Zábery na retušovanie sa zvyčajne len objavajú. Napríklad vyhodenie súčasného auta zo záberu alebo retušovanie nepotrebných techník zo záberu, napríklad svetlá. Strana | 28

Pridávanie dobových prvkov sa vo filme jeden malý fór sústredilo hlavne na vkladanie obrazov do monitorov či implementácia dobového loga na stenu redakcie. V druhej časti postprodukcii sa pridávali reklamy a billboardy do ďalších plánov záberov pre umocnenie doby v ktorej sa náš príbeh odohráva.

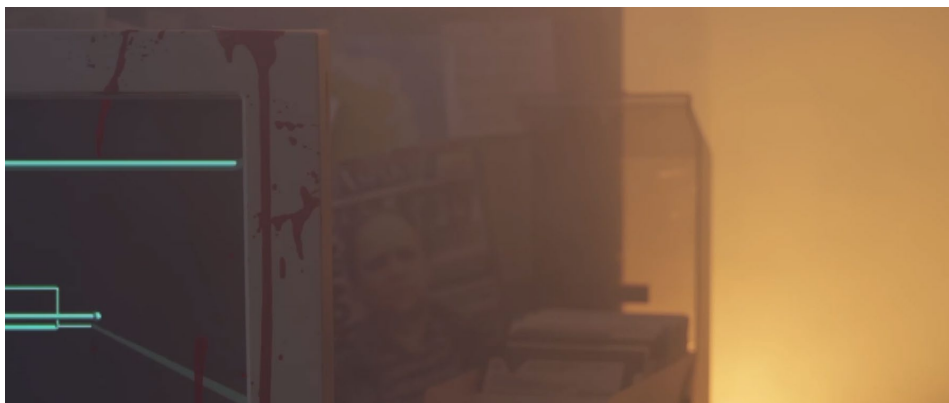
Nosné VFX zábery sú pre tento prípad časticového charakteru. V mojom prípade hlavne oheň, dym, častice z ohňa. V druhej časti to je oživenie fontány na námestí slobody, teda pridanie vody. Pri prácach s časticami treba myslieť na čo najväčšie použitie reálnych zdrojov, a to teda buď použitie časticových efektov z rôznych bánk alebo vytvorenie si vlastného ohňa, ktorý si pripravíme podľa zdrojového materiálu, ktorý ale musíme najprv natočiť. To bol aj môj prípad. Zvolili sme spájanie obrazov kde sme si natočili redakciu so svetelnými efektami ohňa a potom pridali záber zapálenej figuríny zapálenej v exteriéri. Na to všetko sa pridal CG dym a častice.

Po skúsenostiach z ateliéru sme vedeli, že najprv treba pristúpiť k natáčaniu redakcie so získaným materiálom, ktorý sme preštudovali sme mohli pristúpiť k natáčaniu ohňa v exteriéri. Pri natáčaní v redakcii sa nám osvedčilo niekoľko postupov. Na lepšie simulovanie svetla pri pohybe potenciometrom na dymmeri je lepšie pred svetlá položiť mikroténové sáčky. Tie nám svetlo nie len zjemnia ale aj pekne rozbijú čo pri zmene intenzity pôsobí veľmi uveriteľne. Dôležité bolo taktiež dosiahnuť aby svetlo z miesta kde bude oheň, nebolo príliš silne, teda priame. Prekážkou sú najmä rovné plochy, ako biele steny, v našom prípade to bol stĺp na ktorom sa stále nedarilo správne rozbiť svetlo. Preto sa o to treba pokúšať stále dookola kým to nebude správne, netreba sa uspokojiť aj keď je už štáb unavený, tých pár minút musíte ustať aj cez neustále plakanie produkčnej.

Zábery pred samotným záberom s ohňom, sme točili s dymostrojom, celú redakciu sme celkom dôkladne zadymili a pomocou svetiel sme dosiahli atmosféru ohňa mimo obrazu. To fungovalo celkom slušne, pocit ohňa v redakcii sme nasimulovali svetlami. Pre samotný efektová záber je dôležité mať na pamäti, že do priestoru ktorý točíme budeme vkladať iný záber! Záber, ktorý nemá ešte k dispozícii, preto som sa rozhodol tento záber natočiť úplne bez dymu, i keď by vás to mohlo lákať. Rovnaké podmienky dymu z dymostroja sa vám nikdy nepodarí nasimulovať rovnako, a tak pri vkladaní záberu do záberu by ste nedokázali odstrániť hranu ktorá by vám vznikla spojením dvoch prúdov dymu. Jeden by mohol ísť zľava doprava na jednom zábere, a na druhom zábere by ste mali prúdy dymu z opačnej strany. Preto som sa rozhodol dym nasimulovať v post produkcií.



Obrázok 6-1 Fotka zo scény, svetlo s ktorým sme simulovali svetlo z ohňa mimo záber



Obrázok 6-2 Finálny záber simulovania ohňa mimo záber pomocou svetla

SKÚŠKA OHŇOM

Druhou časťou tohto záberu je samotné točenie ohňa, ktoré sa odohralo v exteriéri v lete 2016 v opustenom komplexe pri prístavnom moste. Na samotné natáčanie ohňa je dôležité myslieť hlavne na bezpečnosť, dá sa k tomu pristúpiť rôzne, či oficiálne vybaviť priestor alebo si najať požiarnu službu pre zabezpečenie bezpečnosti.



Obrázok 6-3 Vybavenie pred natáčaním

Bohužiaľ náš rozpočet nám nedovolil takýto luxus a tak sme zvolili jednoduché ručné hasiace prístroje. Pri tomto mám jedno odporúčenie a to radšej používať hasiace spreje namiesto jednorazových hasiacich prístrojov. Hlavne kvôli znovu použitiu hasiaceho prístroja.



Obrázok 6-5 Pred samotným zapálením figuríny

Samotná scéna nebola ničím výnimočná, jednalo sa o kúpený koberec rovnakého typu ako z redakcie, a čierne plátno ako pozadie. Točilo sa na RED Epic. Ako herečka nám poslúžila figurína s rovnakým oblečením ako hlavná herečka v redakcii. Problémom boli vlasy, plastové parochne horia inak ako skutočné vlasy, na to sme ale v rozpočte nenašli priestor tak sme sa museli uspokojiť aj s platovými vlasmi. Figurínu sme obklopili novinovým papierom a zapálili pomocou zápalnej zmesi pre kozuby. Výsledok bol úžasný.



Obrázok 6-4 Figurína to mala celkom náročne, po natáčaní to s ňou nevyzeralo dobre

KAPITOLA 7 OHEŇ, DYM A VOXELY

V tejto kapitole sa pozrieme trochu na minulosť a zaužívané techniky, či už priamo natáčanie výbuchov, dymov ale hlavne sa zameriame na históriu a techniky v počítačovej grafike. Následne si to preberieme tieto techniky a ich implementáciu v plugine FumeFX od firmy SintiSati, ktorý som použil na tvorbu dymu do filmu jeden malý fór.

HISTÓRIA A TECHNIKY

História efektov ohňa a dymu je pomerne jednoduchá. Zväčša išlo o miniatúry alebo o reálnu demoláciu. Samozrejme kombináciou demolácie miniatúr točených na rýchlobežné kamery sa dlhé roky docieľovalo najlepších výsledkov, dokonca aj doteraz toto využite nájdeme, ale už len vo vysoko rozpočtových filmoch, napríklad vo filme Inception od Christiana Nolana.



Obrázok 7-1 Scéna miniatúry v štúdiu New Deal Studio



Obrázok 7-2 Znímy zýber z filmu Inception, bol dosiahnutý spojením miniatúry a reálneho záberu

Ďalším príkladom deštrukcie je film Hugo od režiséra Martina Scorseseho, a hlavne práca New Deal Studio, ktoré je zodpovedné aj za efekty do filmu Inception, uvedený vyššie, ale aj do Interstellar či Nolanovej série Batman, kde sa vo veľkej miere používajú miniatúry či reálne postavené kulisy.



Obrázok 7-3 Spojenie natočených materiálov

VOXEL

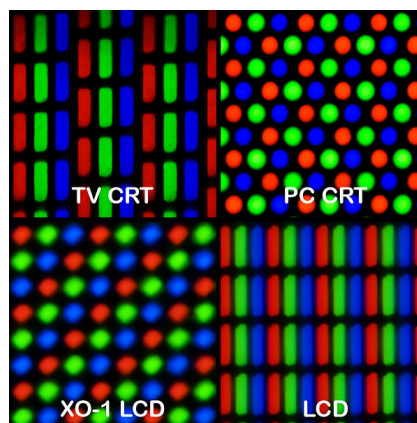
Na začiatok si zadefinujeme známe frázy v počítačovej grafike končiace na zázračne slovíčko -el(element).

Strana | 33

PIXEL – PICTURE ELEMENT

Slovo "pixel" bolo prvýkrát publikované v roku 1965 Fredericom C. Billingsleyom z JPL na opis obrázkových prvkov z vesmírnych sond na Mesiace a Mars. Billingsley sa naučil slovo od Keitha E. McFarlanda, ktorý zase povedal, že nevie, odkiaľ pochádza. McFarland povedal, že jednoducho sa to vtedy používalo.

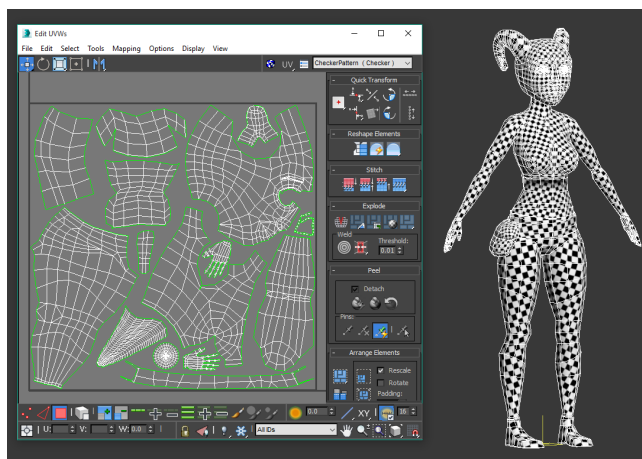
V podstate sa jedná o jeden bod. Tento pojem ale môže znamenať viacero pomenovaní, pretože sa používa vo viacerých odvediach, môže to znamenať menšie odlišnosti v tlačovej grafike, zobrazovacej technike alebo v spracovaní obrazu v softvéri. Napríklad pri zobrazovaní sa môže jednať aj o subpixeli. Primárne sa ale bavíme o jednom bode – Dot, na našej zobrazovacej technike.



Obrázok 7-4 Rôzne usporiadanie subpixelov v zobrazovacej technike

TEXEL – TEXTURE ELEMENT

„Jedná sa o základnú jednotu textúry, teda bit mapa použitá na modeli. Je to jeden bod ktorý sa premieta na model na základe koordinátov – World Space alebo Object Space. Zvyčajne sa jedná o object space, teda objekt je rozložený na UV koordináty na ktorý projektujeme bit mapu. Dôležité je vedieť, že tento proces sa odohráva na strane GPU a taktiež známy pojem Texel Density – je to prepočet



Obrázok 7-5 Rozložený model do UV priestoru

jedného pixelu na jednu jednotku mierky v 3D priestore. Napríklad 128pixelov na 100 jednotiek znamená že výsledná hustota je 0,128 na jednu jednotku mierky. Ak máme nastavenú scénu na centimetre a chceme dosiahnuť minimálne rozlíšenie 1 pixel na jeden

centimeter, textúra musí mať veľkosť 1024x1024. To po prepočte hustota 1,024 pixelu na jednu jednotku. Ak si to zadefinujeme na začiatku projektu našu hustotu (Texel Density), môžeme všetky assety začať pripravovať s potrebným rozlíšením a nedostaneme sa do situácie aby sa kvalitatívne od seba líšili.

Strana | 34

RESEL – RESOLUTION ELEMENT

Pojem hlavne spájaný s analýzou obrazu, napríklad pre rozpoznanie objektov na obraze, sledovanie pohybu apod. Opisuje skutočné rozlíšenie priestorového obrazu v obraze (alebo objemu). Hodnota reselov je teda rovná alebo menšia ako počet pixelov či voxelov.

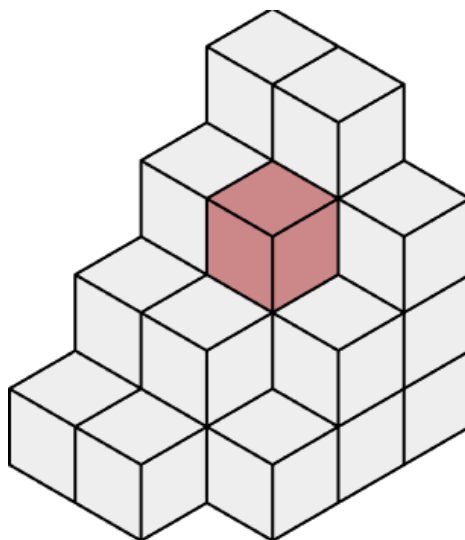
TIXEL – TACTILE PIXEL

Tixel je technológia umožňujúca pocit a dotyk s obrazovkami, simulácie vlhkosti a textúry, ktoré sa dosahujú pomocou vibračných a elektrických polí. Senseg, spoločnosť z Fínska, vyvíja technológiu "E-Sense" s tixelmi, čo umožňuje dotyk a pocit obrazoviek.

Takže po zadefinovaní základných známych pojmov môžeme prikróčiť k hlavnej téme – Voxel. V knihe The VES handbook of Visual effects, kniha ktorá ma celkovo niečo cez 1000 strán a určite by sa mohla slúžiť aj ako vražedná zbraň, nájdeme o voxeloch jeden odstavec, informujúci hlavne o využití pre modelovanie. Citujem zo strany 720 od Kevina Hudsona.

Je to veľmi vzrušujúca technológia, ktorá si už vytvorila svoju cestu do medicínskej a vizualizačnej sféry. (4)

O mnoho viac informácií nájdeme v online svete. (5) Voxel je teda pixel v priestore. Pixel, ktorý má dve rozmery, a teda X a Y, pridáme tretí do osi Z a tak nám vznikne bod viditeľný z každej strany. Teda bod obsahujúci niekoľko informácií, môže to byť teda farba, priesvitnosť alebo čokoľvek čo si do neho zapíšeme. Teda naša mriežka, môžeme si ju predstaviť ako Rubikovu kocku, bude obsahovať tri rozmery, napríklad 100x100x100. Ako nám je jasné



Obrázok 7-6 Znáznornenie voxelovej mriežky

tieto informácie budú náročné na uschovanie, a čím väčšia mriežka, detailnejšia, tým väčšie nároky na uloženie týchto dát.

Pozícia voxelov nie je väčšinou priamo zapísaná do informácie v mriežke. Pre lepšie pochopenie samotná pozícia je definovaná farbou, hustotou a priehľadnosťou. Tieto tri údaje nám definujú jeden voxel, a teda samotné previazanie voxelov môže byť definované rozdielom jedného voxelu od druhého, teda pozícia sa odvodena od ostatných voxelov. Naproti tomu polygóny sú definované pozíciou vertexov v priestore, teda ich pozícia je pevne daná a zároveň ich súpis je dodržovaný a zapísaný pre každý model. Narušenie tohto zoznamu znamená chybu v modeli a jeho chybné zobrazenie. Tento rozdiel v reprezentácii znamená jednu vec, polygonálne modelovanie je vhodnejšie pre homogénne modely kdežto voxely sú vhodnejšie pre nehomogénne modely, keďže prázdne priestory sa môžu vyplňovať aj prázdnu mriežkou.

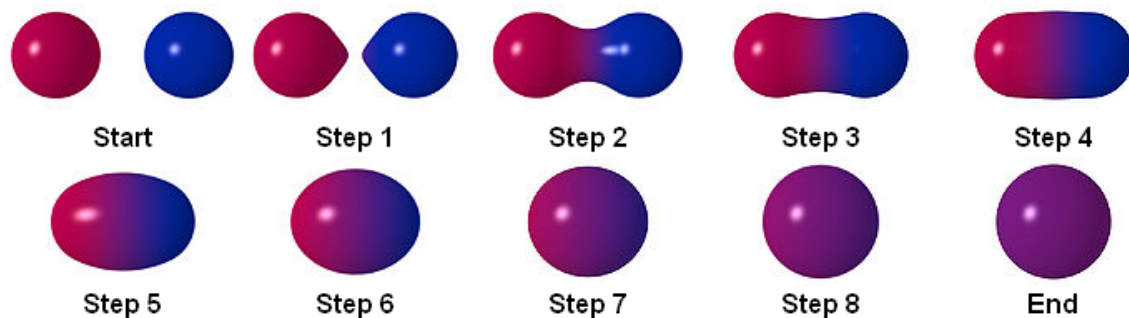
Tento prázdny priestor teda neobsahuje žiadne informácie. Voxel predstavuje jedinú vzorku alebo dátový bod na pravidelne rozloženej trojrozmernej mriežke. V závislosti od typu údajov a zamýšľaného použitia súboru údajov môžu byť tieto chýbajúce informácie rekonštruované alebo aj aproximované, napr. Prostredníctvom interpolácie. Takéto využitie sa často využíva medicíne, CT skenery, ultrazvuk alebo MRI. Napríklad údaje z CT skeneru sú zapísané v Housfieldových(HU) jednotkách rádiodensity pomenované podľa - Sir Godfrey Newbold Hounsfield, vynálezcu CT skeneru. CT skener v podstate na základe röntgenových vln z viacerých uhlov zbiera dáta, tie sú spracované počítačom a interpolované pre vytvorenie snímku. Teda pre objasnenie Housfieldovej jednotky reprezentujú priepustnosť materiálu voči vode. Aké je ale teda využite v grafike, alebo ako vyzerá využitie pre vizuálne efekty?

$$HU = 1000 \times \frac{\mu - \mu_{water}}{\mu_{water} - \mu_{air}}$$

Obrázok 7-7 Vzorec pre výpočet Housfieldových jednotiek

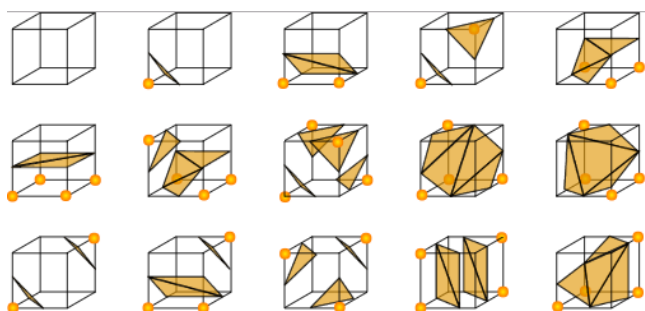
Substance	HU
Air	-1000
Lung	-500
Fat	-120 to -90 ^[2]
Water	0
Urine	-5 to +15 ^[2]
Bile	-5 to +15 ^[2]
CSF	+15
Kidney	+20 to +45 ^[2]
Lymph nodes	+10 to +20 ^[3]
Blood	+30 to +45
Muscle	+35 to +55 ^[2]
Grey matter	+37 to +45
White matter	+20 to +30
Liver	+40 to +60
Soft Tissue, Contrast	+100 to +300
Bone	+700 (cancellous bone) to +3000 (cortical bone)
Chyle	-30 ^[4]

Obrázok 7-8 Tabuľka hodnôt Housfieldových jednotiek



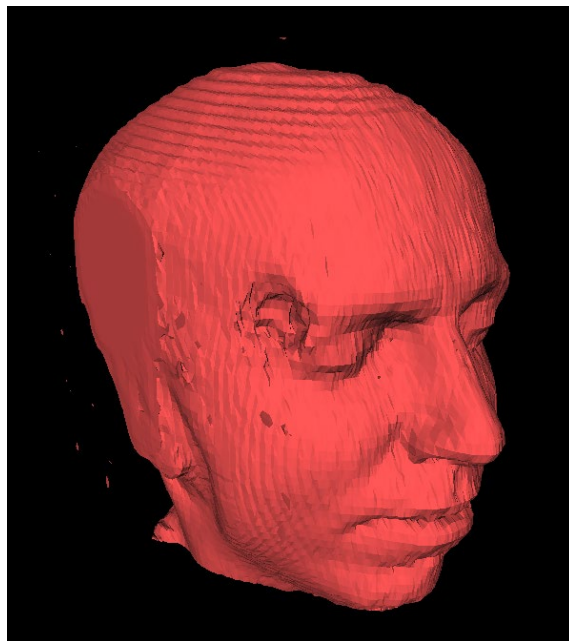
Obrázok 7-10 Príklad spájania dvoch metaballs, ktoré sú špeciálnym organickým n-objektom

Využitie je viacero, najmä v hernom priemysle sa voxely tak povediac už udomácnili. Za najväčší úspech voxelov môžeme v súčasnosti považovať hru Minecraft, keď tvorca Markus Persson mal víziu nekonečnej voľnosti v tvorbe sveta, preto zvolil voxel ako základný stavebný prvok hry. Samotné pokusy použitia voxelov v grafike ale siahajú až do začiatku 90tych rokov kde legendárny tvorca hry Quake a Doom, John Carmack sa pohrával s myšlienkou tvorby engineu pre Quake 3 vo voxeloch, nakoniec snahy upustil pre nedostatok podpory zo strany grafických kariet. Totižto mnoho samozvaných voxelových engineov fungovalo na princípe softvérovej analýzy voxelových dát, a teda iba rasterizovali dáta pre konečné vykreslenie na monitore. Samotný model teda neobsahoval žiadne voxely, väčšinou sa tento postup využíval pre tvorbu terénov kde obyčajne výškové mapy mali jednoduché obmedzenie, a to teda posun terénu iba po jednej osi, nebolo teda možné vytvoriť napríklad tunel či jaskyňu.



Obrázok 7-9 Originálnych 15 možností reprezentácie dát z voxelov

Ďalšou technikou spracovania voxelov je „marching cubes“ algoritmus, voľne preložený ako algoritmus pochádzajúcich kociek vyvinutá vo firme General Electric, William E. Lorensen-om a Harvey E. Cline-om, ako efektívne vizualizovať dáta z CT a MRI prístrojov. Svoju prácu publikovali na konferencii SIGGRAPH v roku 1987, a dodnes je to jedna z najcitovanejších prác vo svete počítačovej grafiky. Z ich práce ťažilo ja využitie v zobrazovaní špeciálnych objektov – „metaballs“ alebo „metasurfaces“, ktoré na začiatku 80tych rokoch vyvinul James F. Blinn. Ikona grafiky, ktorá pracovala pre NASA v JPL(Jet Propulsion Laboratory), kde pracoval na animáciách pre sondu Voyager a jeho práca pre dokumentárnu sériu Cosmos od Carla Sagana dala za vznik modelu vizualizácií modelov v grafike, známy pod menom Blinn-Phong (modifikovaný model od Bui Thong Phong-a z roku 1975 bol rýchlejší a stal sa štandardom pre OpenGL a DirectX).



Obrázok 7-11 Vizualizácia dát z CT skenu pomocou Marching cube algoritmu

Pre zmienku ešte stojí algoritmus marching squares vyvinutý pre spracovanie voxelov do 2D priestoru, postavený práve na algoritme marching cubes. Budúcnosť v hernom svete a nakoniec aj vo svete grafiky pre film, leží práve vo voxeloch, už dnes je samozrejmé stále väčšia chuť vytvoriť nástroje pre toto odvetvie. Pekné ukážky si môžete pozrieť napríklad z herného engine Atomontage engine (<http://www.atomontage.com>) alebo Voxel Farm (<http://www.voxelfarm.com>).

Ak by sme od mriežky zarátali štvrtú veličinu, a teda čas vznikne nám Doxel. Teda dynamická mriežka kde štvrtá veličina predstavuje počet snímkov, teda 100x100x100x100. Toto využitie je skôr pre prezentáciu a analýzu časopriestorových systémov, takéto dáta sú už ale aj veľmi náročné na dátové úložisko.

FUMEFX A ČO JE ZA NÍM

FumeFx je simulátor dynamiky kvapalných plynov umožňujúci vytvoriť ohnive efekty. Toľko k jednoduchému zaradeniu. Dôležitejšie je pre nás, že funguje na báze voxelov a ich

mriežky. V stručnosti, jedná sa o kontajner pozostávajúci z voxelov, ktorých počet si upravujeme my, ako užívatelia. FumeFx nám taktiež ponúka ako nadstavbu na samotnú simuláciu aj most na známe renderovacie algoritmy ako Vray, Arnold, RenderMan atď. Ako aj ostatné riešenia aj FumeFx je založený na reálnych zákonoch fyziky a teda horúci dym bude stúpať a čím má dym väčšiu hustotu tým rýchlejšie nám bude padať k zemi, na základe zákona o gravitácii. To znamená ak chceme dosiahnuť uveriteľnú simuláciu musíme sa najprv oboznámiť so základmi fyziky (tie nebudem nejako bližšie špecifikovať v tejto práci) a musíme správne predpokladať správania sa častíc vo voxelovej mriežke. Spaľovanie plynov v reálnom svete je kombináciou paliva, teploty, kyslíku, rýchlosti a dymu, rovnako pracuje aj FumeFx.

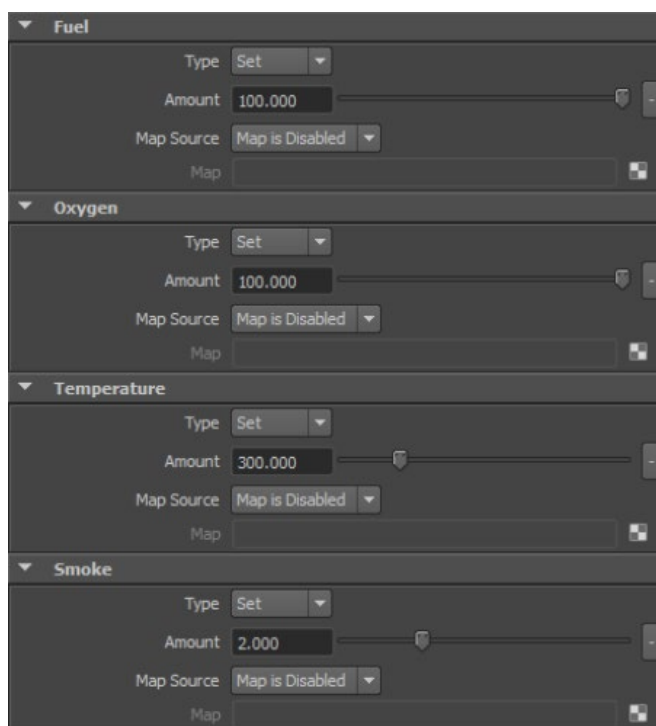
Samotná voxelová mriežka nám ale nebude dávať žiadny výsledok, na to aby sme vošli do sveta simulácie plynov musíme mať niekoho alebo niečo čo nám do neho vstúpi s počiatočnými parametrami – zdroj(emitter) alebo sa môže jednať o časticu ktorá nosí potrebné informácie. A teda ako je jasné podme si to priblížiť čo sa tam deje. Celý proces si rozoberieme na jednej častici nosiacej všetky potrebné informácie. Samotný zdroj alebo emitter je už len iná vizualizácia ako prebieha vstup informácií do mriežky, napríklad to môže byť guľa ktorá v mriežke bude emitovať zo svojho povrchu do mriežky rovnaké informácie ako jedna častica. Citácia zo strany 776 od Craiga Zerouiniho z knihy VES the Handbook of Visual Effects.

Bolo by rozumné opisovať častice ako východiskový bod pre všetky počítačové simulácie. Boli medzi prvými technikami, ktoré preskúmali kým sa počítačová grafika vyvinula do digitálnych vizuálnych efektov. Častice sú polohy v priestore. (4)

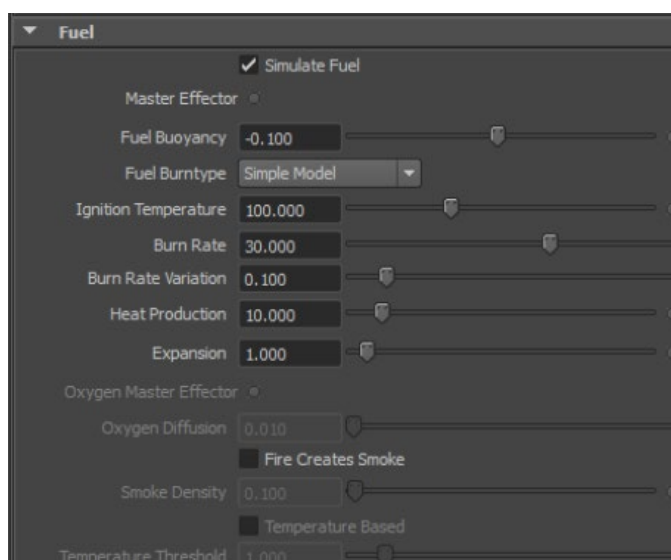
Bod v 3D priestore s X,Y,Z, údajmi, ktorý ale môže niesť ďalšie atribúty, a môže ich byť mnoho, tu sa práve schováva sila častíc. Častice sa rodia z určitého bodu, plochy, priamky, pokračujú v priestore na základe daných atribút, jedna sa väčšinou o určité rozpätie hodnôt ako pevne danými hodnotami, a teda rýchlosť môže byť rozmedzie 100-250 jednotiek za 25 snímok. Táto náhodnosť nám simuluje nie chaos ale skôr kontrolovanú náhodnosť.

Zoberme si teda jednu časticu, jeden bod v priestore, ktorý plachťí priestorom s rýchlosťou okolo 1m/s, palivom, teplotou 100 nastavením cez FumeFx, jedná sa o bezrozmerné čísla. Častica produkuje dym 2. Áno ťažko sa to niekedy uchopuje ale treba si tieto hodnoty predstaviť ako pomerové hodnoty, jedná častica tvorí dym hodnoty 2 a iná 20, teda bude 10 krát tvoriť dymu viac.

Ako vidím na priloženom obrázku, tieto hodnoty sú nastavené na hodnotu SET, a teda ak vojdú do voxelovej mriežky, nastaví hodnoty na túto uvedenú hodnotu. Teda, palivo, teplota v danom voxely nastaví na 100 a v danom voxely sa začne generovať dym s hodnotou 2. Kyslík pre toto vysvetlenie vynechávam, vrátime sa k nemu neskôr. Ak by bolo v poli TYPE nastavené ADD, znamenalo by to, že danú hodnotu do mriežky pridávame a teda ak je v jednom voxely boli hodnoty 100,100,2 a naša častica do tohto priestoru vojde, pridá dané hodnoty, a tak by palivo, teplota boli 200 a dym 4.



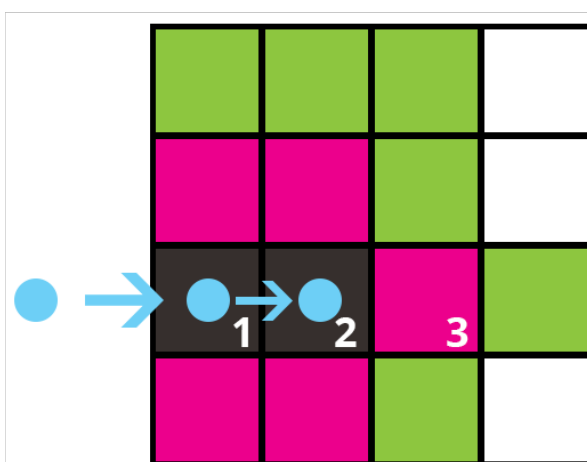
Obrázok 7-13 Nastavenia Fume Fx source(emitter) v Mayi



Obrázok 7-12 Nastavenia paliva vo vnútri voxelovej mriežky FumeFx

Dobre, častica má všetky potrebné informácie, ale čo náš svet, naša voxelová mriežka kde vstupuje naša častica. Tá ma taktiež svoje vlastné nastavenia, a tu vzniká mnoho nedorozumení kedy sa tieto údaje môžu často zamieňať. Totižto ak naša častica nastaví dané údaje do jedného voxelu, pokračuje ďalej a nastavuje dané hodnoty do ďalších voxelov v mriežke, až po kým neumrie alebo z danú mriežku neopustí. Na nižšie priloženej skici si to rozoberieme dopodrobna aj s danými hodnotami, ktoré nájdeme v nastaveniach pre našu voxelovú mriežku.

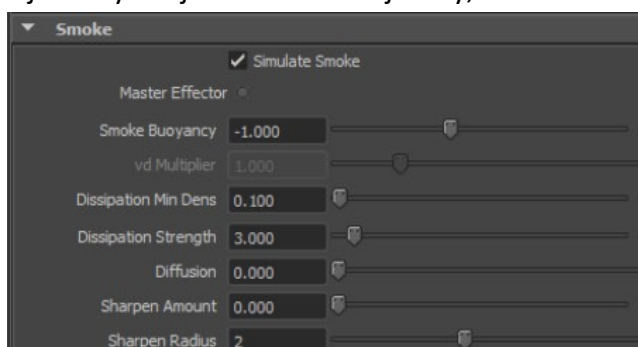
Takže naša častica nám vchádza dnu, do bodu 1. Prináša svoje informácie 100,100,2. Prejde až do vnútra mriežky kde zaniká, bod 2. Tieto voxely sú jediné s hodnotami 100,100,2, ale len v momente ak sa v nich nachádza naša častica, keďže ale naša častica zomiera, hodnoty sa potom budú odvíjať inak. Teplota zapálenia (Ignition Temperature) máme nastavenú na



Obrázok 7-15 Náčrt ako reaguje mriežka na jednu časticu

hodnotu 100, a teda ak sa teplota vo voxelu rovná alebo je väčšia ako táto hodnota, dôjde k zapáleniu paliva a rýchlosť horenia (Burn Rate) nám napovie koľko percent sa v danom voxelu spáli za jeden snímok. Produkcia tepla (Heat production) nám napovie o koľko sa bude zvyšovať teplota na jednu jednotku spáleného paliva a expanzia (Expansion) aký tlak vo vnútri voxelu vyprodukuje jedna jednotka paliva. Teda ak zvýšime tieto posledné dva menované hodnoty, naše palivo sa rýchlo vyčerpá a dôjde k rýchlej strate horiacej látky, teda nárast horenia bude prudký ale zároveň rýchlo zanikne. Takýto proces nám pripomína výbuch. Ružovou a zelenou farbou znázorňujem popísaný proces dedenia informácií z jedného do druhého voxelu.

Toto je základný proces ako musíme nad prácou s časticami a voxelami premýšľať. Dôležité je teda čo vstupuje



Obrázok 7-14 Nastavenia dymu v rámci Fume Fx. Tu si treba dávať pozor aj na malé zmeny rozptylu. Difúzia dymu výrazne napomáha v realite simulovaného dymu

a ako to ovplyvňuje našu mriežku a aký je život v nej. Samozrejme do tohto vstupujú ďalšie podružné simulácie, ako turbulencia v rámci mriežky, ktorá deformuje hodnoty a pomáha náhodnému prenosu hodnôt z jedného voxela na druhý. Dym pracuje na podobnom princípe akurát sa riadi difúziou, rozptylom a teplotou. V novej verzii FumeFx 4 pridali tvorcovia do vzorca aj kyslík. Ten znásobuje komplexnosť tohto procesu a je na užívateľovi či sa rozhodne ho započítať do procesu. V základe ak sa prekročí teplota zapálenia, kyslík sa zmieša s palivom a začne horenie pri ktorom sa spotrebúva palivo aj kyslík a zároveň sa zvyšuje teplota v mriežke. Kyslík nám ale v tomto prípade dopomáha k difúznemu procesu horenia paliva, dosahujeme realistickejšie horenie.

Toto je len základné popis najdôležitejších častí a základného prístupu k riešeniu voxelov a simulácií plynov pomocou FumeFx. Postupne sa do FumeFx, začlenili pokročilejšie techniky, ako prečasovanie simulácie či - Wavelet Turbulence algoritmus (6), ktorý dokáže znásobiť detailnosť základnej mriežky a pridáva do mriežky údaje na základe zachovaných informácií o rýchlosti. Dodatočné popisy rôznych funkcií sa dajú nájsť v oficiálnej príručke ale hlavne odporúčam sériu FumeFx Genesis sériu videí od guru majstra Allana McKaya - <http://www.fumefxtraining.com/>

POUŽITIE V PRAXI

Zrekapitulujme si úlohu – horiaca postava na zemi v redakcii novín. Podme si teda hneď uviesť o aký záber sa jedná, celok na horiacu postavu. Obrázok vedľa. Keďže sme museli pozíciu zrekonštruovať ešte raz, jednalo sa o statický záber, pohyblivá záber by bol možný jedine s použitím motion control systému.



Obrázok 7-16 Natočený záber, všimnite si svetla na simulovanie ohňa

Ako vidieť na zábere, najdôležitejšiu úlohou na pláci bolo správne nasimulovať svetlo na prostredí kde sa mal vkladať oheň. To sme dosiahli trojicou klasických halogénových svetiel značky ARRI. Veľkou pomôckou ale bolo polozenie papiera a hlavne mikroténových sáčkov pred svetlami, pri simulovaní pohybu svetla nám dopomohlo použitie viacerých svetlených dimmerov.

Strana | 42



Obrázok 7-17 Natočený záber horiacej figuríny na čiernom pozadí, pripravená na vloženie do záberu

Popis samotnej prípravy točenia tohto prvku som bližšie rozviedol v kapitole číslo 6. Teraz sa podme ale postupne venovať samotnému skladaniu záberu až po finálny záber. Takto vyzeralo hrubé vloženie ohňa do záberu redakcie, obrázky nájdete na pravej strane. Na vyklúčovanie ohňa som použil luma key spolu s niekoľkými maskami. Postupne som pridal 3D modely novín okolo ohňa aby som zlepšil napojenie záberov na seba. Už pri prvom spojení si všimnime celkom sľubné napojenie scény na samotný oheň. Svetlo na okolo nie je príliš silné ani slabé. Dôležité bolo si natočiť čo najdlhšie možný záber aby som ho mohol v post-produkcii zrýchliť, a tým zvýrazniť blikanie ohňa na prostredí. Napojenie treba ošetriť ešte menšími opravami kde sa



Obrázok 7-18 Hrubé vloženie jedného obrazu do druhého.

napájal jeden koberec na druhý, nešlo však o nijak extrémnu prácu čo by nezvládol Roto Node v Nuke. Na radu tak mohla prísť simulácia dymu z ohňa a zadymenie celého priestoru.

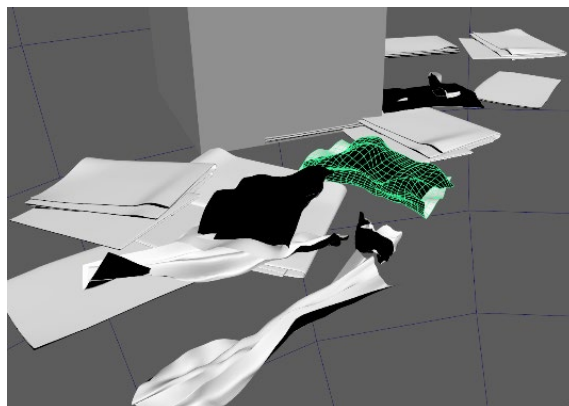
Scénu som si pripravil v Mayi, podľa natočenej predlohy a podľa nameraných údajov z pľacu. Na tvobu dymu som si vymodeloval jednoduchý

model, ktorý mi emitoval častice do voxelovej mriežky. Pri práci na efektov sa často používa – preroll. Znamená to že si zrýchlite samotný čas simulácie a tým do mriežky rýchlejšie vpustíte potrebné informácie. Potom čas upravíte a mriežka už ďalej v normálnom čase počíta s nadobutnutými dátami. K samotne simulácií sa nedá veľa povedať. Dôležité je si všetko presne pripraviť, pridať turbulenciu do výpočtov a čo sa týka simulácie dymu je dôležité počítať s difúziou dymu, teda čím pôjde vyššie tým sa bude viac rozpínať do strán a jeho kontúry budú jemnejšie.

Samozrejme treba zdroju dymu nastaviť kladnú teplotu, inak by nám dym klesal k zemi. Výsledna mriežka tohto hlavného dymu bola 654x546x543.



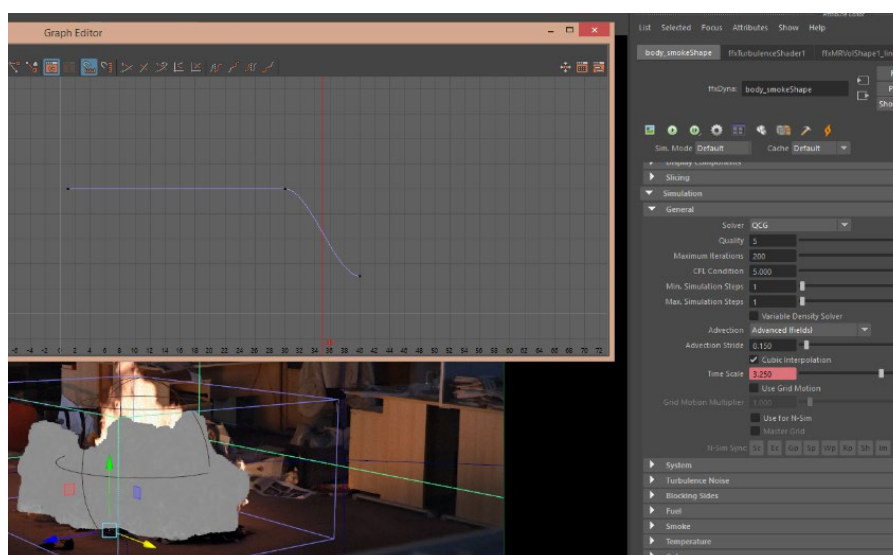
Obrázok 7-20 Vylepšené prepojenie z jedného priestoru do druhého, nápomocné mi boli 3D noviny.



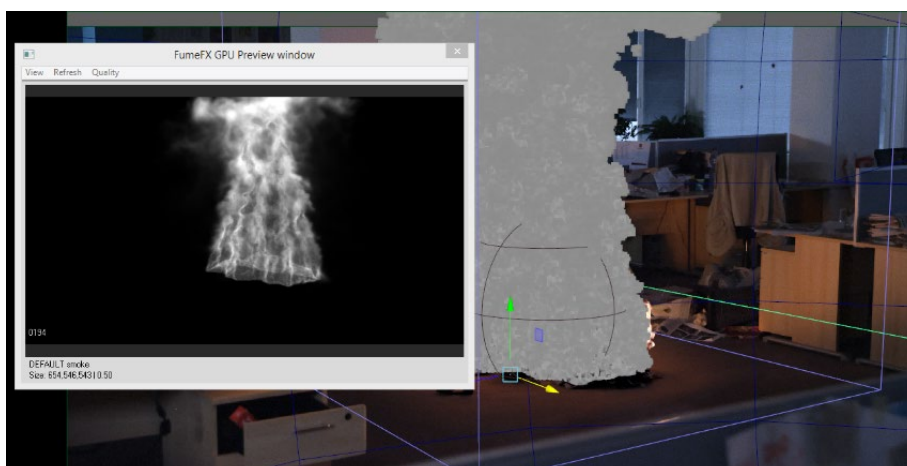
Obrázok 7-19 3D modely novín



Obrázok 7-21 Pripravená scéna, môže sa začať simulovať. Objekt v strede scény je náš zdroj



Obrázok 7-22 Každá hodnota sa dá animovať, pomáha to pri zmenách v scéne ale aj na použitie preroll techniky



Obrázok 7-23 Výsledná simulácia. Dôležité je aby sa nám dym rozpadal čím viac stúpa

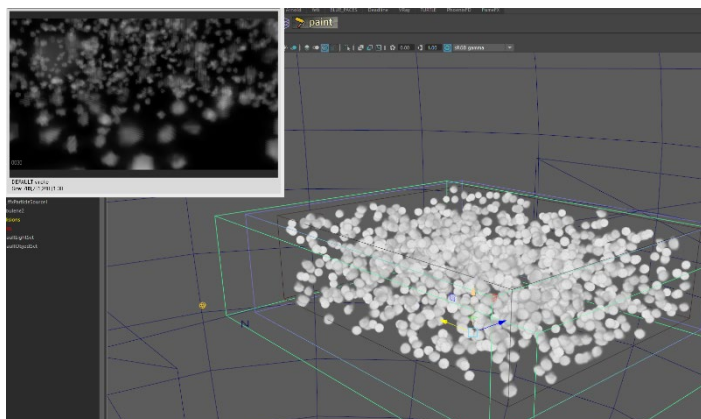
Druhou časťou scény bolo zrekonštruovať celkové zadymenie priestoru. Na toto som použil častice ktoré som generoval do celkového priestoru scény, ktoré sa mierne chaoticky hýbali po celom priestore. Z nich som potom do voxelovej mriežky preniesol informácie o polohe, hustote, teplote a smere. Tieto údaje sú úplne



Obrázok 7-24 Ako zdroj pre zaplnenie scény dymom som použil častice nParticles v Mayi

dostačujúce pre FumeFx aby začal počítať, dôležité je ale mať trochu trpezlivosti a nechať ho pracovať na tom. Potrebujete aspoň 100 snímok aby sa vám dym dostal do celej scény. V tomto prípade vás napadne zrýchlenie času pre rýchlejší prenos informácií do celej mriežky. Bohužiaľ to nemôžete veľmi preháňať, pretože náhle zmeny budú mať skôr za následok veľkú stratu informácií.

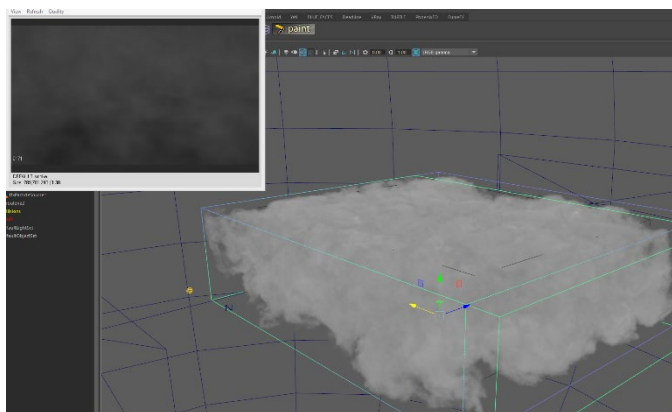
FumeFx pre optimalizáciu má určité hodnoty pod ktorú ak sa dostanete, tak vám celý voxel vyčistí o informácií. To je vhodné pre zrýchlenie výpočtov aby sa systém zbytočne nezaťažoval s veľmi malými jednotkami, alebo veľmi malými detailmi. To sa dá



Obrázok 7-25 Po niekoľkých snímkach som prerušil generovanie informácií z častíc, a nechal som prácu iba na FumeFx

samozrejme upraviť, a povedať mu, áno počítaj aj s malými hodnotami ale pôjde to na úkor času simulácie. A teda vo výsledku sa len spomalíte. Druhou vecou ktorá prispeje k strate informácií je pojem -substep. Každý výpočtový systém ráta s jednotou času počas ktorej vykonáva svoje výpočty, niekedy je ale jeden výpočet za jeden snímok nedostačujúci, preto sa zaviedla hodnota substep. Tá nám rozdelí priestor medzi jedným a druhým snímkom do ďalších, medzisnímkov v ktorom donúti simuláciu počítať, je to vhodné najmä pri rýchlo sa pohybujúcich objektoch alebo teda zdrojov. Samozrejme čím väčšia hodnota, tým dlhší výpočet.

Stačí ale pár pokusov na nájdenie správnej rýchlosti, napríklad zo začiatku zdvojnásobíte čas a po 50 snímkov budete spomaľovať simuláciu na rozsahu ďalších 20-50 snímkov. Neodporúčam taktiež radikálnu zmenu času z jedného snímku na



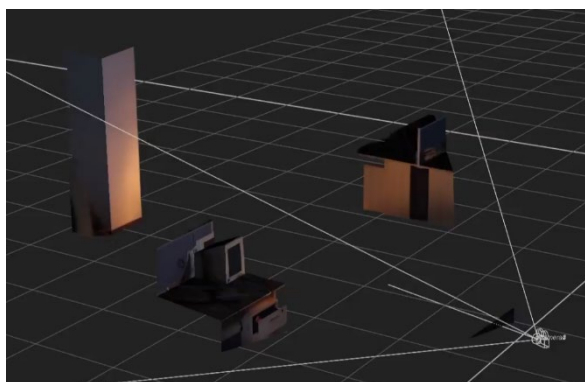
druhý. Tým spôsobíte len viditeľný sek v simulácii, budete mať v jednej mriežke dve rôzne simulácie. Simulácia potrebuje svoj čas a prirodzené zmeny. K tomu sa viaže aj posledná dôležitá poznámka a to animovanie samotného zdroja. Samotné častice môžu generovať informácie iba niekoľko snímkov, zväčša jedna pod 10 snímkov. Ak by generovali informácie po celý čas, zdroje by boli viditeľné, pretože dym by bolo v okolí nich hustejší alebo by sme videli zrejmé padanie dymu z daného miesta. Preto odporúčam nechať častice generovať iba niekoľko snímkov a potom si počkať na prirodzené zadymenie priestoru. Výsledná mriežka mala rozmery 789x701x240.

DEEP COMPOSITING

Po vyrenderovaní oboch sekvencií prišiel na rad compositing záberov. Keďže sa jedná o assety, ktoré sú polopriehľadné ale najmä druhý asset, celkový dym, musí prechádzať prostredím, musel som prikročiť k deep renderingu sekvencii celkového dymu, prvý dym z postavy je v podstate v jednej rovine a fungoval dobre aj bez deep renderingu.

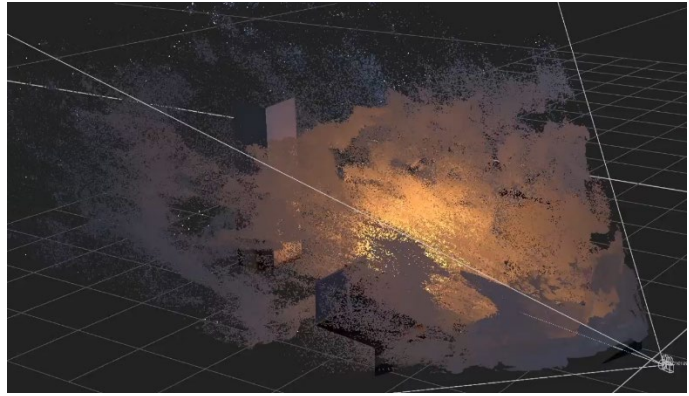
„Deep“ údaje sú obrázky, ktoré obsahujú dodatočné informácie o každom pixeli pozdĺž osi z, ako sú viacvrstvové obrázky, ku ktorým má každá vrstva hĺbku. Ale na rozdiel od voxelov, len v niektorých ľubovoľne špecifikovaných bodoch do hĺbky. Údaje sa dajú vyhodnotiť pomocou rôznych typov interpolácie.
(7)

Teda jedná sa o sériu bodov priestore, ktoré môžete podľa určitej hodnoty viditeľnosti združovať k sebe, to má priamy



Obrázok 7-26 Pripravená scéna na deep compositing v Nuke. Na jednoduché modely projektujeme záber

súvis s veľkosťou súboru. Takýto súbor môže mať aj niekoľko 100 megabajtov, pri sekvencií 200 snímkov tak často celá sekvencia môže mať v pohode aj 5 gigabajtov. To je iba jeden asset s ktorým sa celkom náročne už pracuje, preto si je dôležité urobiť niekoľko testov s akou hodnotu interpolácie budeme renderovať celú sekvenciu.



Obrázok 7-27 Deep dáta spojené s projekciou záberu n 3D modely

Takto pripravené zábery jednoducho už vložíme do prostredia. Vymaskujeme si časti reálnej scény a projektujeme ich na jednoduché 3D modely, vložíme ich do hĺbky od kamery, stačí nám to už len spojiť s deep renderom a máme korektné hodnoty viditeľnosti v celom zábere. Následne záber farebne yladíme s reálne natočeným materiálom, upravíme svetelnosť jednotlivých vrstiev a máme finálny záber.



Obrázok 7-28 Záber spolu s hlavným dymom z horiacej postavy



Obrázok 7-29 Finálny záber, pripravený do gradingu

KAPITOLA 8 ZÁVER

Bola to úžasná skúsenosť, to je dôležité poznamenať hneď na úvod. Najmä možnosť si všetko správne pripraviť a otestovať v ateliéri mi ponúkol vymyslieť najľahšiu ale najúčinnnejšiu metódu. I keď by sa mohlo zdať že som obišiel všetky možné problémy svojou lenivosťou či vypočítavosťou, práve naopak. Spolu s kameramanom Oliverom Záhlavou a režisérom Martinom Gondom sme venovali mnou času, a mnoho osobných stretnutí kde sme konzultovali práve tento kľúčový záber jej priameho ohrozenia, pokusu o vraždu. Bol som naozaj hrdý ako film drží práve efektový záber.

Strana | 49

Bohužiaľ ako najväčšie mínus považujem samotný scenár. Mal som voči nemu viacero výhrad, a stále sa mi zdá akoby mu chýbala povestný ťah na bránku. Opatrné riešenie hrotových situácií postáv bolo mojou najväčšou pripomienkou. Takýto námet ponúkal ale mnoho, mnoho možných námetov a scenárov ako povedať tento príbeh Jany Teleki. Režisér sa zvolil na daný námet a dané spracovanie. Niektoré pripomienky padli na úrodnú zem ale mnohé práve nie, či už odo mňa, od dramaturga Martina Šustera či vedúceho ateliéru pána profesora Labíka.

K efektivej stránke celého filmu si vážim hlavne verné spracovanie horiacej postavy v redakcii, kde nám aj pán kameraman Ďuriš povedal, že oni to s Jalkubiskom robili mimo kamery. Takisto som počul názory, že sa viacerí „tešia“ na finálny výsledok mojej práce. Nakoniec najväčším mínusom bol scenár a mnohým prišlo spracovanie ohňa za verné.

KAPITOLA 9 REFERNCIE

CITÁCIE

Strana | 50

1. **Teleki, Jana.** dennikn.sk. *"Básnička" opäť v kurze - civilná sudkyňa otvorila 5 rokov právoplatne skončenú trestnú vec.* [Online] 30. 6 2016. <https://dennikn.sk/blog/basnicka-opat-pred-sudom/>.

2. **Bechný, Ľubo.** dennikn.sk. *Jana Teleki a jej spoved' po 17-ročnom prenasledovaní.* [Online] 13. 11 2015. <https://dennikn.sk/blog/jana-teleki-a-jej-spoved-po-15-rocnom-prenasledovani/>.

3. **Gašparovič, Matej.** www.tyzden.sk. *Bola raz jedna básnička.* [Online] 22. 8 2011. <https://www.tyzden.sk/casopis/9539/bola-raz-jedna-basnicka/>.

4. **Jeffrey A. Okun, Susan Zwerman, Kevin Rafferty, Scott Squiers.** *The VES Handbook of Visual Effects.* s.l. : Focal Press, 2015. 978024025182.

5. **Wikipédia.** Voxel. *Wikipédia.* [Online] en.wikipedia.org, 5. 5 2017. <https://en.wikipedia.org/wiki/Voxel>.

6. *SIGGRAPH '08 ACM SIGGRAPH 2008 papers Article No.50.* **Theodore Kim, Nils Thürey, Doug James, Markus Gross.** Los Angeles, California : ACM New York, NY, USA, 2008. 978-1-4503-0112-1.

7. **Wikipédia.** Deep image compositing. *Wikipedia.org.* [Online] Wikipedia.org, 16. 1 2016. https://en.wikipedia.org/wiki/Deep_image_compositing.

ZOZNAM OBRÁZKOV

OBRÁZOK 3-1 FOTKA BÁSNIČKY Z TÝŽDENNÍKA ASPEKT _____ 10

OBRÁZOK 3-2 JANA TELEKI V ROKU 2013 NA FOTKE OD DUŠANA TARKA _____ 11

OBRÁZOK 4-1 NA PRAVEJ STRANE VIDÍME ZÁSTUPY ĽUDÍ, SVETLO Z TOHTO OBROVSKÉHO ZDROJA K NIM LEDVA DOPUTUJE. TO JE PRE MNOHÝCH PREKVAPENÍM, PRETOŽE SEDLIACKY ROZUM NÁM VRAVÍ – TOHO SVETLA MUSÍ BYŤ PREDSA URČITE VIAC, POZRI AKÝ JE TEN OHEŇ VEĽKÝ _____	13
OBRÁZOK 4-2 PO STRANÁCH ARRI SVETLÁ PLUS JEDNO SVETLO Z ĽAVEJ STRANY, KTORÉ PRI TESTE SIMULOVALO SVETLO Z EXTERIÉRU _____	14
OBRÁZOK 4-3 POHĽAD Z KAMERY BLACKMAGIC. TAKÚTO KOMPOZÍCIU SME PLÁNOVALI UŽ V PREPRODUKCII _____	14
OBRÁZOK 5-1 PRÍKLAD ZLÉHO POMENOVANIA ŠTRUKTÚRY ADRESÁROV, NÁZVY SÚ ĽAHKO ZAMENITEĽNÉ _____	18
OBRÁZOK 5-2 TAKTO POMENOVANÉ SÚBORY SÚ JASNE DEFINOVANÉ A MÔŽEME PREDPOKLADAŤ ČO V NICH NÁJDEME AŽ NA SHOT_08 _____	18
OBRÁZOK 5-3 UKÁŽKA SPRÁVY OUTLINERU A VRSTIEV V MAYI 2016.5, SPRÁVNE POMENOVANIE ZVYŠUJE PREHĽADNOSŤ PROJEKTU _____	20
OBRÁZOK 5-4 UKÁŽKA MANAŽMENTU PROJEKTU V FTRACKU _____	21
OBRÁZOK 6-1 FOTKA ZO SCÉNY, SVETLO S KTORÝM SME SIMULOVALI SVETLO Z OHŇA MIMO ZÁBER _____	29
OBRÁZOK 6-2 FINÁLNY ZÁBER SIMULOVANIA OHŇA MIMO ZÁBER POMOCOU SVETLA _____	30
OBRÁZOK 6-3 VYBAVENIE PRED NATÁČANÍM _____	30
OBRÁZOK 6-4 FIGURÍNA TO MALA CELKOM NÁROČNE, PO NATÁČANÍ TO S ŇOU NEVYZERALO DOBRE _____	31
OBRÁZOK 6-5 PRED SAMOTNÝM ZAPÁLENÍM FIGURÍNY _____	31
OBRÁZOK 7-1 SCÉNA MINIATÚRY V ŠTÚDIU NEW DEAL STUDIO _____	32
OBRÁZOK 7-2 ZNÍMY ZÝBER Z FILMU INCEPTION, BOL DOSIAHNUTÝ SPOJENÍM MINIATÚRY A REÁLNEHO ZÁBERU _____	32
OBRÁZOK 7-3 SPOJENIE NATOČENÝCH MATERIÁLOV _____	32
OBRÁZOK 7-4 RÔZNE USPORIADANIE SUBPIXELOV V ZOBRAZOVACEJ TECHNIKE _____	33
OBRÁZOK 7-5 ROZLOŽENÝ MODEL DO UV PRIESTORU _____	33
OBRÁZOK 7-6 ZNÁZORNENIE VOXELOVEJ MRIEŽKY _____	34
OBRÁZOK 7-7 VZOREC PRE VÝPOČET HOUSFIELFOVÝCH JEDNOTIEK _____	35
OBRÁZOK 7-8 TABUĽKA HODNÔT HOUSFIELFOVÝCH JEDNOTIEK _____	35
OBRÁZOK 7-9 ORIGINÁLNYCH 15 MOŽNOSTÍ REPREZENTÁCIE DÁT Z VOXELOV _____	36
OBRÁZOK 7-10 PRÍKLAD SPÁJANIA DVOCH METABALLS, KTORÉ SÚ ŠPECIÁLNYM ORGANICKÝM N-OBJEKTOM _____	36
OBRÁZOK 7-11 VIZUALIZÁCIA DÁT Z CT SKENU POMOCOU MARCHING CUBE ALGORITMU _____	37
OBRÁZOK 7-12 NASTAVENIA FUME FX SOURCE(EMITTER) V MAYI _____	39
OBRÁZOK 7-13 NASTAVENIA PALIVA VO VNÚTRI VOXELOVEJ MRIEŽKY FUMEFX _____	39
OBRÁZOK 7-14 NASTAVENIA DYMU V RÁMCI FUME FX. TU SI TREBA DÁVAŤ POZOR AJ NA MALÉ ZMENY ROZPTYLU. DIFÚZIA DYMU VÝRAZNE NAPOMÁHA V REALITE SIMULOVANÉHO DYMU _____	40
OBRÁZOK 7-15 NÁČRT AKO REAGUJE MRIEŽKA NA JEDNU ČASTICU _____	40
OBRÁZOK 7-16 NATOČENÝ ZÁBER, VŠIMNITE SI SVETLA NA SIMULOVANIE OHŇA _____	41
OBRÁZOK 7-17 NATOČENÝ ZÁBER HORIACEJ FIGURÍNY NA ČIERKOM POZADÍ, PRIPRAVENÁ NA VLOŽENIE DO ZÁBERU _____	42
OBRÁZOK 7-18 HRUBÉ VLOŽENIE JEDNÉHO OBRAZU DO DRUHÉHO. _____	42

OBRÁZOK 7-19 VYLEPŠENÉ PREPOJENIE Z JEDNÉHO PRIESTORU DO DRUHÉHO, NÁPOMOCNÉ MI BOLI 3D NOVINY. _____	43
OBRÁZOK 7-20 3D MODEL Y NOVÍN _____	43
OBRÁZOK 7-21 PRIPRAVENÁ SCÉNA, MÔŽE SA ZAČAŤ SIMULOVAŤ. OBJEKT V STREDE SCÉNY JE NÁŠ ZDROJ ____	44
OBRÁZOK 7-22 KAŽDÁ HODNOTA SA DÁ ANIMOVAŤ, POMÁHA TO PRI ZMENÁCH V SCÉNE ALE AJ NA POUŽITIE PREROLL TECHNIKY _____	44
OBRÁZOK 7-23 VÝSLEDNÁ SIMULÁCIA. DÔLEŽITÉ JE ABY SA NÁM DYM ROZPADAL ČÍM VIAC STÚPA _____	44
OBRÁZOK 7-24 AKO ZDROJ PRE ZAPLNENIE SCÉNY DYMOM SOM POUŽIL ČASTICE NPARTICLES V MAYI _	45
OBRÁZOK 7-25 PO NIEKOĽKÝCH SNÍMKACH SOM PRERUŠIL GENEROVANIE INFORMÁCIÍ Z ČASTÍČ, A NECHAL SOM PRÁCU IBA NA FUMEFX _____	45
OBRÁZOK 7-26 PRIPRAVENÁ SCÉNA NA DEEP COMPOSITING V NUKE. NA JEDNODUCHÉ MODEL Y PROJEKTUJEME ZÁBER _____	46
OBRÁZOK 7-27 DEEP DÁTA SPOJENÉ S PROJEKCIOU ZÁBERU N 3D MODEL Y _____	47
OBRÁZOK 7-28 ZÁBER SPOLU S HLAVNÝM DYMOM Z HORIACEJ POSTAVY _____	47
OBRÁZOK 7-29 FINÁLNY ZÁBER, PRIPRAVENÝ DO GRADINGU _____	48