

VYSOKÁ ŠKOLA MÚZICKÝCH UMENÍ V BRATISLAVE

FILMOVÁ A TELEVÍZNA FAKULTA

ATELIÉR VIZUÁLNYCH EFEKTOV

## REAL-TIME FILMOVÁ PRODUKCIA V UNREAL ENGINE

BAKALÁRSKA PRÁCA

Študijný program: Vizualne efekty

Študijný odbor:

Školiace pracovisko:

Školiteľ: Lubomír Timko, Mgr. art.

Evidenčné číslo:

2021

Martina Štammová

## **ČESTNÉ VYHLÁSENIE**

Čestne vyhlasujem, že na bakalárskej práci som pracovala samostatne na základe vlastných teoretických a praktických poznatkov, konzultácií a štúdia odbornej literatúry.

V Bratislave, dňa :

Podpis

## **POĎAKOVANIE**

Rada by som poďakovala môjmu školiteľovi Ľubomírovi Timkovi, Mgr. Art. za pomoc s teoretickou a praktickou bakalárskou prácou, za nápomocné a cenné rady, feedbacky a konzultácie. Ďalej by som chcela poďakovať Michalovi Šabíkovi, Mgr. Art., ktorý nám umožnil priblížiť náš bakalársky film Helpn't bližšie ku profesionálnej úrovni vďaka zapožičaniu motion capture technológie a skvelým radám a feedbackom. Taktiež by som chcela poďakovať mojej spolužiačke, Veronike Rovderovej, ktorá priniesla do filmu veľa užitočných nápadov a veselú náladu.

Taktiež som veľmi vdáčna aj pánovi Ľudovítovi Labíkovi, Prof., Mgr., ArtD. pani Andrei Vrábelovej, Ing., Mgr. Art., ArtD, pánovi Marekovi Ježovi, Doc., Ing., ArtD. a ostatným za podporu, motiváciu a rady aj napriek nášmu zvláštnemu námetu a komplexnosti filmu.

## **ABSTRAKT**

Cieľom tejto práce bolo preskúmať základné funkcionality herného enginu od Epic Games: Unreal Engine a prebádať, čo všetko ponúka Epic Games pre hráčov no taktiež tvorcov. Následne sa pozrieť na nástroj sequencer v Unreal Engine, ktorý sa pôvodne používal na tvorbu herných cinematikov, no nedávno sa rozrástol a je vo veľkom používaný pri tvorbe filmov. A nakoniec, následné aplikovanie zistení pri tvorbe nášho krátkeho filmu „Helpn’t“ a retrospektíva práce v programe Unreal Engine 4.

## **Abstract**

The goal of this thesis was to review the basic functionality of the game engine from the company Epic Games: Unreal Engine and explore, what Epic Games offers to both gamers and creators. Subsequently to look at the sequencer tool in Unreal Engine, which was used mainly for making game cinematics at first, but recently expanded and is used in the film industry. And finally, applying our findings while creating our short movie „Helpn’t” and retrospective of the work in the software Unreal Engine 4.

## OBSAH

### 1. OBSAH

1.1.1.	ÚVOD.....	6
2.	UNREAL ENGINE.....	7
2.1.	HERNÝ ENGINE.....	7
2.1.1.	ZAČIATKY.....	7
2.1.2.	BLUEPRINTY.....	7
2.1.3.	PREDLOHY PROJEKTOV A STARTER CONTENT.....	7
2.1.4.	OBSAH ZADARMO.....	8
2.1.5.	UNREAL VZDELÁVACIA PLATFORMA.....	8
2.1.6.	EPIC MEGAGRANT.....	8
2.1.7.	UDALOSTI A DISCORD.....	9
2.1.8.	MOJA SKÚSENOŠŤ.....	9
2.2.	FILMOVÁ PRODUKCIA V UNREAL ENGINE.....	10
2.2.1.	VIRTUÁLNA PRODUKCIA.....	10
2.2.2.	SEQUENCER.....	10
2.2.3.	SIMULÁCIA OBLEČENIA A VLASOV.....	11
2.2.4.	CONTROL RIG.....	11
2.2.5.	METAHUMANS.....	11
2.3.	UNREAL ENGINE 5.....	12
2.3.1.	LUMEN.....	12
2.3.2.	NANITE.....	13
3.	TVORBA FILMU HELPN'T V UNREAL ENGINE 4.....	13
3.1.	PREPRODUKCIA.....	13
3.2.	PRODUKCIA.....	14
3.3.	POSTPRODUKCIA.....	18
3.4.	PROBLÉMY.....	19

### 1.1.1. ÚVOD

Tvorba digitálnych vizuálov je vo svete stále viac a viac populárna. Umožňuje vznik príbehov a zážitkov, ktoré by pri klasickej filmovej produkcii skrátka neboli možné. Umožňuje zrodenie magických virtuálnych svetov, ľudských no aj neľudských postáv, dáva nám možnosť používať rôzne umelecké štylizácie, ktoré mimoriadne ovplyvňujú zážitok diváka a formu celého diela.

Od zrodu CGI vzniklo nespočetne veľa diel a tak isto aj nástrojov na tvorbu takýchto diel. Tieto nástroje a programy nám ponúkajú obrovskú škálu vecí, ktoré v nich vieme vytvoriť, nech si už vymyslíme čokoľvek.

No napriek vysokej obľúbenosti tejto umeleckej formy a mnohým nástrojom je stále obzvlášť zložité a časovo náročné niečo takéto vytvoriť. Potrebujeme tím profesionálov aj keď chceme zhotoviť iba jednoduchý, krátky film.

Donedávna som bola tohto názoru, pokým som neobjavila firmu Epic Games a program Unreal Engine, vďaka ktorým som začala veriť, že sa ku tvorbe filmu dá pristupovať úplne inak a dielo sa dá zhotoviť oveľa jednoduchšie a zábavnejšie, než som si myslela predtým.

Preto som sa rozhodla, že tieto objavy posuniem ďalej dúfajúc, že pomôžu ostatným tvorcom rovnako, ako pomohli mne!

## 2. UNREAL ENGINE

### 2.1. HERNÝ ENGINE

#### 2.1.1. ZAČIATKY

Prvá verzia Unreal Engine z roku 1998 bola použitá pri hre „Unreal“. Engine bol vytvorený špecificky na development konkrétnej hry, ktorá bola typu first person shooter. Toto je jedným z dôvodov, prečo je Unreal Engine dodnes taký dobrý. Vždy samotného programu ho tvoria na základe toho, čo v ňom ľudia chcú tvoriť. Preto nám vždy dáva presne tie nástroje, ktoré potrebujeme.

#### 2.1.2. BLUEPRINTY

Blueprint je vizuálny skriptovací jazyk, ktorý je založený na programovacom jazyku C++. Umožňuje rýchle a jednoduché vytvorenie funkcií a hernej logiky. Bluepriny sú jednou z mnohých vecí, vďaka ktorým je Unreal Engine taký sympatický pre umelcov. Je to totiž jednoduchý spôsob, ako vytvoriť hru bez akýchkoľvek predošlých programovacích zručností. Bluepriny nám poskytujú akoby dopredu predpripravené kúsky kódu do funkcií, ktoré sa bežne používajú a dáva nám možnosť rýchlo iterovať bez toho, aby sme každú jednu základnú funkcionálnu nemuseli vždy vytvárať úplne od začiatku.

#### 2.1.3. PREDLOHY PROJEKTOV A STARTER CONTENT

Pri vytváraní nového projektu v Unreal Engine môžeme vidieť hneď na úvodnej obrazovke niekoľko možností, z ktorých si môžeme vybrať. Prvá kategória z ktorej si vyberáme je generálny typ projektu. Hra; film, televízia a live-udalosť; architektúra, strojárstvo a konštrukcia; automobilový priemysel, produktový dizajn a výroba. Tieto kategórie nám pomáhajú určiť, ktoré assety a pluginy sa nám automaticky aktivujú v projekte v závislosti od toho, čo vlastne ideme tvoriť. Pri tvorbe CGI filmov sa používa prevažne hra alebo film, televízia a live-udalosť. Po vybratí generálneho typu projektu nás druhé okno vyzýva k výberu zo škály ďalších možností. Ak sme si vybrali hru, dostávame na výber predvyrobený projekt pre hru z pohľadu first-person, lietania, predloha na puzzle hry, samozrejme prázdny projekt a mnoho iných. Pri výbere filmu však dostávame na výber medzi inými: prázdny projekt, projektom na virtuálnu produkciu, DMX, VFX alebo nDisplay. Napokon sa dostávame ku tretiemu oknu, v ktorom už si vyberáme z technickejších vecí ako

napríklad či chceme kód písať pomocou C++ alebo blueprintov, akú kvalitu projektu chceme nastaviť, či chceme zapnúť ray-tracing, aká je naša cieľová platforma a či do projektu chceme importovať tzv. starter content.

Tieto rozhodnutia na samotnom projekte nemenia nič a vždy sa vieme vrátiť a vybrať si niečo iné aj po tom, čo už je projekt vytvorený.

Starter content je súbor niekoľkých základných assetov, materiálov a partiklov, z ktorých sa dá začať tvoriť ešte skôr, než importujeme vlastné assety.

#### 2.1.4. OBSAH ZADARMO

Rovnako ako Epic Games ponúka pre hráčov každý týždeň jednu až dve hry úplne zadarmo, ponúka zľavnené veci aj pre tvorcov. Každý mesiac je na Unreal Marketplace niekoľko assetov, ktoré si tvorcovia môžu stiahnuť zadarmo. Niekedy sú to narigované 3d postavy, inokedy assety, pomocou ktorých sa dá postaviť prostredie. Môžu to však byť aj funkcionality, particle efekty a dokonca aj zvukové efekty a mnoho iných. Ak si tieto assety prevezmeme, ostávajú nám v knižnici navždy a kedykoľvek si ich môžeme pridať do nového projektu.

#### 2.1.5. UNREAL VZDELÁVACIA PLATFORMA

Na stránke <https://learn.unrealengine.com/> sa nachádza veľké rozpätie kurzov na Unreal Engine, tvorené profesionálmi, pre používateľov. Sú tu isté „Learning paths“, teda súbory tutoriálov týkajúce sa rovnakej problematiky. Môžeme tu nájsť kurzy na vytváranie realistických prostredí, kurzy na učenie sa programovania, animácie v UE a mnoho iných. V každom kurze je vždy po pár videách test, ktorý treba vyplniť, aby sme sa dostali ku ďalšiemu videu. Je to skvelý spôsob, ako si overiť a zopakovať, čo sme sa naučili. K takmer každému kurzu sa dá stiahnuť aj UE projekt, v ktorom môžeme tvoriť popri nasledovaní tutoriálu to isté, čo robí vyučujúci. Unreal vzdelávacia platforma nám udeľuje odznaky za dokončené kurzy, čo je skvelou motiváciou, takže si vieme pozrieť, koľko sme sa toho už naučili.

#### 2.1.6. EPIC MEGAGRANT



Okrem obrovskej prístupnosti, skvelým licenciám na samotný program, kurzom a assetom zadarmo podpora tvorcov zo strany Epic Games ani zďaleka nekončí. Epic ponúka granty nie len na veľké projekty ale aj na vzdelávanie sa v Unreal Engine.

#### 2.1.7. UDALOSTI A DISCORD

Je jasné, že Unreal Engine je skvelý program a Epic sa stará o to, aby sme my, používatelia mali čo najlepší zážitok z využívania tohto programu. Je to vidieť najmä v porovnaní s inými firmami, ktorých softvéry používame tiež. No nejde iba o samotný obsah, ktorý nám dávajú. Epic Games organizuje live streamy vždy keď vychádza nová verzia, live-udalosti, kde vývojári vysvetľujú najlepšie spôsoby využívania nástrojov a taktiež zodpovedajú naše otázky. Vytvárajú pre nás priestor na komunikáciu či už s inými používateľmi, alebo priamo s nimi. Je vidno, že im záleží na tom, aby nám Unreal Engine dával presne to, čo potrebujeme a čo si vypýtame.

#### 2.1.8. MOJA SKÚSENOŠŤ

Prvý krát, keď som zaregistrovala Unreal Engine, robila som v Unity. Dávnejšie som sa aj rozhodla, že by som si Unreal vyskúšala, tak som si pozrela nejaké tutoriály, no veľmi ma program nezaujal. UI pôsobilo odstrašujúco a veľmi som nevedela, čo vlastne robím. Pracovala som teda ďalej v Unity a čím ďalej tým viac mi dochádzalo, že ak mám robiť sama na vlastných projektoch, budem sa musieť naučiť programovať. Sústredila som sa ale viac na tvorbu filmov, pretože tvoriť hru v Unity bolo pre mňa ako umelca veľmi zložité. Postupom času som začala vnímať veľa úžasných prác na stránkach umeleckých komunit a veľa z nich malo na rendroch ikonku Unrealu. Samozrejme, umenie je také dobré, aké sú umelcove schopnosti, no niečo na tom predsalen bolo. Začala sa mi v hlave formovať myšlienka, že sa Unreal proste musím naučiť. No nikdy na to nebol čas, robila som projekt za projektom a radšej som používala niečo, v čom som vedela pracovať. Jedného dňa som však dostala extrémnu motiváciu všetko nechať tak a začať sa učiť. Bolo teda rozhodnuté. No ako začať? Prešla som väčšinu mojich obľúbených zdrojov na tutoriály no takmer nič som nenašla. Veľa tutoriálov, ktoré som našla na youtube pôsobili veľmi jednoducho a nevysvetľovali problémy do hĺbky. Prišlo mi to zvláštne, keďže toľko

Ľudí používalo tento program. Prešla som si teda všetkými dobre vyzerajúcimi tutoriálmi, ktoré som našla no stále som mala pocit, že ničomu nerozumiem.

Jedného dňa som zachytila, že Unreal organizuje online udalosť „Unreal Fast Track Challenge“ pre začiatočníkov, tak som sa tam hneď prihlásila. Táto udalosť bola organizovaná výborne, pretože pre nás vytvorili discord server, kde sme sa mohli spoznávať, socializovať a radiť si s ostatnými UE používateľmi.

Každý týždeň sme dostali nové zadanie. Bolo v ňom vysvetlené, čo máme vytvoriť, kde môžeme nájsť materiály na naučenie sa istej problematiky a ak sme chceli tvoriť niečo extra, bolo aj bonusové zadanie. Takmer vždy bol pri zadaní odkaz na Unreal Learning Platform, kde som objavila nekonečný zdroj vzdelávacích zdrojov. Po skončení Unreal Fast Track Challenge som mala základnú predstavu o tom, ako používať tento program, čo všetko sa v ňom dá vytvoriť a že sa tu moje učenie Unrealu ešte iba začína. Unreal Engine ma absolútne pohltil a rozhodla som sa, že v ňom budem tvoriť všetko, čo budem môcť. Na Unreal Fast Tracku som sa zoznámila s teamom skvelých, šikovných ľudí, s ktorými sme sa rozhodli, že sa zapojíme aj do Game Jamu, ktorý sa odohrával nejaký čas po skončení kurzu. A tak 5 ľudí, ktorí ešte mesiac dozadu vôbec nevedeli robiť v UE, spoločne vytvorili herný prototyp.

## 2.2. FILMOVÁ PRODUKCIA V UNREAL ENGINE

### 2.2.1. VIRTUÁLNA PRODUKCIA

Virtuálna produkcia je tvorenie CGI vizuálou veľmi podobným spôsobom, ako sa pracuje na hraných filmoch. Umožňuje vidieť v reálnom čase pohyby postáv vďaka motion capture hercom, a taktiež umožňuje v reálnom čase meniť pohľady kamier a nahrávať takes.

### 2.2.2. SEQUENCER

Sequencer je filmový nástroj v Unreal Engine. Pôvodne bol určený na herné cinematiky, no v poslednej dobe sa začal rozrastať a používať na tvorbu CGI vizuálov a animácií. Sequencer je vlastne časová os, na ktorú môžeme buď referencovať objekty z istého levelu alebo spawnovať nové objekty, ktoré existujú v leveli iba počas prehrávania sekvencie. Tu vieme pridávať objektom animáciu pohybu, môžeme im pridávať animované sekvencie kostí, no taktiež tu vieme animovať akýkoľvek iný atribút, ktorý istý asset má. Napríklad, keď dáme do

sequenceru svetlo, môžeme animovať okrem jeho pozície aj intenzitu, farbu, a ostatné veci ktoré vieme ovplyvňovať v detail paneli.

Objekty v sequenceri fungujú na princípe actors, takže aj keď z levelu referencneme nejaký objekt do sequencera, máme v sequenceri možnosť animovať aj to, ktorý objekt vlastne tento actor používa. Takže môžeme naanimovať istý objekt, no potom sa rozhodnúť, že chceme v strede animácie prepnúť na iný, vymeníme ho a animácia (alebo akýkoľvek iný animovaný atribút) mu ostane.

### 2.2.3. SIMULÁCIA OBLEČENIA A VLASOV

Simulácia oblečenia a vlasov v Unreal Engine je veľmi efektívny spôsob, ako pridať modelu „secondary“ animáciu. Pridáva to celkovému pohybu realizmus, no zároveň je to docielené veľmi jednoducho a nie je to zložité na výkon. Simulácie fungujú v reálnom čase.

### 2.2.4. CONTROL RIG

Jenou z noviniek od Unreal Engine je „Control rig“. Control rig umožňuje mať narigovaný model priamo v engine, kde sa dá animovať. Je to veľmi výhodné, pretože vidíme model priamo vyrendrovaný, s peknými shadermi a máme možnosť jednoducho naanimovať interakcie s prostredím a inými objektami bez toho, aby sme vymýšľali zložité postupy práce s externými DCC.

Okrem toho, control rig je vyrobený procedurálne, podľa názvu kostí. Tým pádom môžeme rovnaký control rig asset použiť pre mnoho iných postáv, čo zdieľajú rovnaké názvy kostí. Ak máme v scéne viac modelov, čo zdieľajú rovnaký control rig, veľmi jednoducho vieme preniesť tú istú animáciu na viac postáv bez toho, aby sme museli riešiť retargetting.

Control rig je momentálne vo vývoji a dá sa použiť už aj v UE 4.26. Pri používaní UE 5 je však sprevádzaný mnohými animátorsky nápomocnými funkciami, ako napríklad knižnica póz, zrkadlenie animácií atď.

### 2.2.5. METAHUMANS

Firmy 3Lateral a cubic motion, ktoré sa venujú tvorbe digitálnych postáv sa nedávno pridali ku Epic Games a vydali „early access“ verziu Meta Human Creatoru. Je to v podstate systém, v ktorom si ľudia môžu vytvoriť realistické digitálne postavy a použiť ich v Unreal Engine zadarmo.

Tieto postavy sú tvorené na základe 3d scanov ľudí a sú optimalizované pre použitie na akejkolvek platforme. Každý metahuman obsahuje 8 LODs – rozličných kvalít, medzi ktorými si vieme vybrať na základe toho, akú kvalitu si môžeme v našom diele alebo hre dovoliť.

Po importovaní metahumans do nášho UE projektu si môžeme všimnúť, že metahumans obsahujú control rig. To znamená, že sú hneď pripravené na animáciu.

### 2.3. UNREAL ENGINE 5

Unreal Engine 5 okrem nového UI prišiel s dvoma novými prevratnými technológiami- Lumen a Nanite.

#### 2.3.1. LUMEN

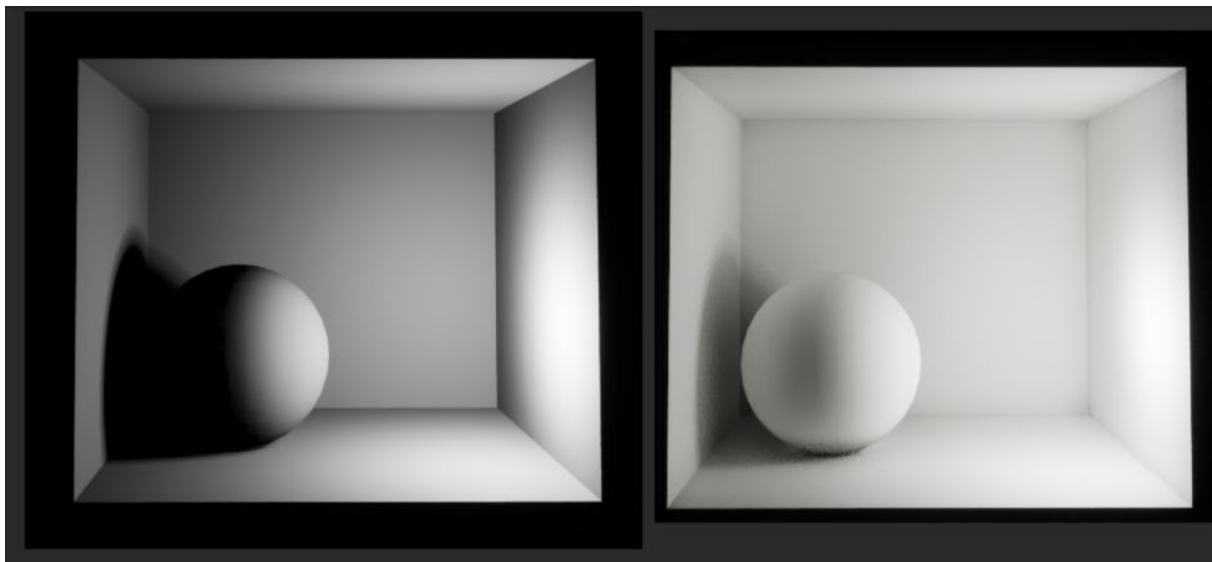
Lumen je v skratke systém efektívnejšieho využívania svetelného rendrovania a predovšetkým globálnej iluminácie. V predošlých verziách Unreal Enginu boli na svietenie 3 rôzne možnosti.

Statické svietenie – táto možnosť nám dávala najkrajšie a najrealistickejšie výsledky. Nevýhodou však bolo, že vytvorenie osvetlenia touto metódou vyžadovalo dlhé čakanie, kým sa vytvorí „svetelný build“ a vždy, keď sa pohlo nejakým objektom v scéne, trebalo robiť nový build. Navyše, táto metóda nám vôbec neposkytovala tieň. Iba svetlo.

Dynamické svietenie – dynamické svetlá nám zas na druhú stranu povoľovali mať tieň, no tieto svetlá bez používania raytracingu vyzerali veľmi nerealisticky a s raytracingom to bolo iba o niečo lepšie. Vytvorené svetlá nemali „bounces“, takže tieň v exteriéri boli absolútne čierne. Okrem toho, dynamické svetlá boli veľmi náročné na výkon.

Stationary svietenie – je to akási zľúčenina statického a dynamického svetla, no stále to nie je nič, čo samé o sebe vyzerá veľmi dobre. Aby človek dosiahol dobré výsledky, musel kombinovať tieto 3 možnosti veľmi rozumne a efektívne, aby vytvoril niečo pekné no zároveň, aby to nebolo náročné na výkon.

Lumen sa zdá byť riešením na všetky tieto problémy. Reálne použijeme v editore iba obyčajné dynamické svetlá, ktoré nemajú bounces a samé o sebe nevyzerajú veľmi dobre. Bounces sú však dodané pomocou post-processu, v ktorom môžeme prepnúť metódu globálnej iluminácie a reflexií na Lumen. Tieto výsledky sú veľmi realistické a je šokujúce, že sa niečo také dá dosiahnuť v reálnom čase.



### 2.3.2. NANITE

Nanite je technológia, ktorá umožňuje používať 3d meshe s veľmi vysokým počtom polygónov, ktoré sa budú renderovať pomerne rýchlo. Umelci budú môcť používať priamo 3d skeny bez akejkoľvek optimalizácie.

## 3. TVORBA FILMU HELPN'T V UNREAL ENGINE 4

### 3.1. PREPRODUKCIA

Pre-produkcia filmu Helpn't prebiehala rovnako, ako pre-produkcia akéhokoľvek iného filmu. Prevažne išlo o zbieranie referenčných obrázkov, voľný brainstorming, zvažovanie technickej komplexnosti, kopa rôznych náčrtov a predovšetkým hľadanie tej správnej emócie filmu.

Celkom rýchlo sme sa dopracovali k rozhodnutiu, že by sme chceli emo postavu, ktorá sa presunie do krásneho prostredia pomocou virtuálnej reality. Tento nápad sme následne rozpracovávali, pridávali rôzne motívy, detaily, symboliku a emočné kontrasty, aby tento nápad fungoval ako film. Pri tvorbe sme prešli mnohými iteráciami, no ten úplne hlavný námet sa nezmenil.

Súbežne s vymýšľaním príbehu som pracovala na 3D prevedení hlavnej postavy – Neona. Obrovskou výhodou pri vymýšľaní postavy bolo, že som si tento 3D model mohla pozrieť v unreal engine, kde sa mu veľmi jednoducho dali priradiť animácie a simulácia vlasov, takže sme vo veľmi skorom štádiu produkcie mali možnosť vidieť, ako naša postava pôsobí, keď je “oživená“. Vďaka tomu sme mohli doladiť posledné zmeny a byť si isté, že to celé bude umelecky fungovať.

Po tretej verzii kresleného animatiku sme sa zhodli, že je čas začať to všetko dávať dokopy v 3D.

### 3.2. PRODUKCIA

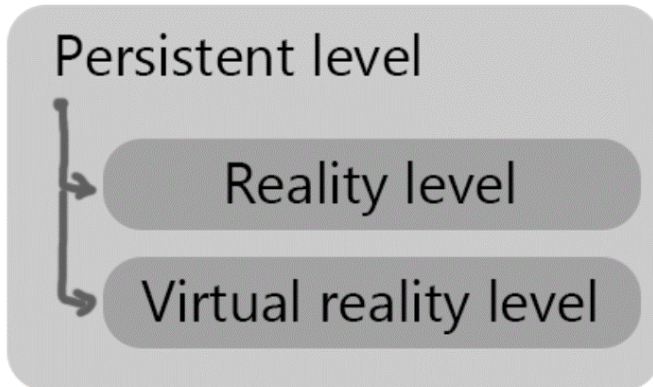
Prvými krokmi produkcie bolo riešenie všetkých technických vecí, pipeliney a snaha o prevenciu akýchkoľvek technických problémov, ktoré by sa nám počas produkcie mohli stať. Špecificky to bolo najmä zaistenie, že budeme mať obe prístup k projektu a žiadna naša práca nebude omylom stratená. Na toto sme využili systém GIT a aplikáciu GitHub Desktop, ktorá nám umožnila vytváranie commitov a organizáciu verzií.

Okrem iného sme dopredu mysleli aj na to, ako rozdeliť projekt na časti, ktoré sa jednoducho budú dať spojiť, no umožnia nám, aby sme obe pracovali v rovnakom projekte naraz.

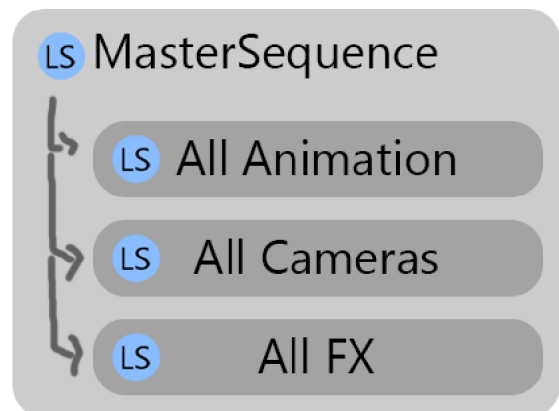
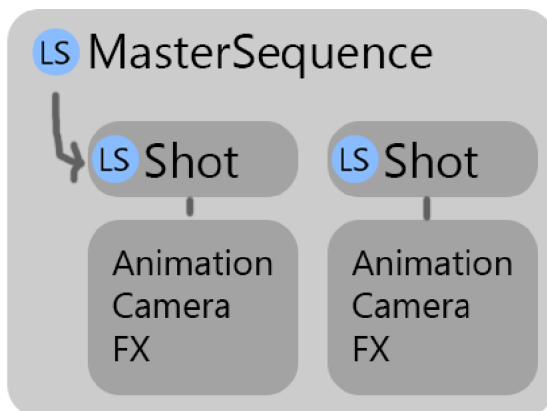
Vo filme sme mali dve lokácie; reálny svet a virtuálna realita. Každá táto lokácia bola vytvorená v samostatnom leveli, čiže mohla mať svoje samostatné assety, kamery, nasvietenie, postprocessy atď. Problém však nastal pri používaní filmového nástroja – sequencera. Ako som spomínala skôr, sequencer používa ako kontajner tzv. „Level Sequence“, takže každá sada animácii, kamier a záberov sa musí viazať k určitému levelu. Náš film sa však odohrával v dvoch leveloch a my sme potrebovali jeden Level Sequence track, v ktorom by sme mali možnosť prehrať celý film – so všetkými lokáciami.

Tento problém nám pomohla vyriešiť funkcia, ktorá sa bežne používa v hrách – Level streaming. V hrách je samozrejme vždy veľmi dôležitá optimalizácia a zároveň snaha o udržanie grafickej kvality. Toto je veľmi zložitá a vyžaduje obrovskú opatrnosť a precíznosť už len keď ide o malé levely, v ktorých sa bežne nachádza veľa assetov. S týmto problémom nám pomáhajú tzv. LODs (level of detail) a mipmaps. Tieto riešenia sú však riešeniami pre jednotlivé assety a keď sú assetov vo svete tisíce, tento proces môže byť náročný na výkon. Level streaming nám však umožní celý virtuálny svet „rozsekať“ na časti(levely), ktoré sa postupne načítavajú do

tzv. „Persistent Levelu“, ktorý je akoby hlavným kontajnerom pre jednotlivé kúsky sveta. Vytvorili sme si teda Persistent Level s názvom MAP\_Main, v ktorom sme vytvoril Level Sequence s názvom MasterSequence a skrátka sme v prvej polke filmu načítali level reality a v druhej polke level virtuálneho sveta.



Ďalší problém, ktorý musel byť vyriešený ešte skôr, než sa vôbec stal, bola organizácia samotného sequencera. Momentálne existujú dva spôsoby práce so sequencerom. Jeden je mať level sequence (LS) per shot, a ďalší je používať subscenes. Každý tento spôsob má svoje výhody aj nevýhody, no pre nás sa viac oplátilo používať subscenes. Tento spôsob práce nám umožnil naraz robiť na filme s tým, že jeden človek mohol meniť animáciu zatiaľ čo druhý človek mohol meniť kamery a kedykoľvek sa dalo upraviť shots bez toho, aby sme menili príliš veľa súborov.



Ďalším krokom bolo zhodnotenie, aké assety do filmu potrebujeme, čo všetko treba vymodelovať, natextúrovať a animovať, a čo by sme mohli stiahnuť alebo kúpiť. Na základe budgetu sme teda vybrali z Unreal Marketplacu všetky veci, ktoré sme potrebovali a ostatné sme začali modelovať.

Obrovskou výhodou Unreal Engine je, že používa takmer na všetko “Actors” a každý jeden asset, ktorý vložíme do levelu je referenciou. Toto nám umožňuje začať stavať environment, tvoriť animáciu a v podstate celý film ešte len v bode, keď nie je vôbec nič hotové - netreba čakať kým sa niečo dokončí, aby sa mohlo ísť pracovať na niečom ďalšom. Keďže sme už mali hotový kreslený animatik, mohli sme ho začať prevádzať do 3D formy.

Začali sme prostrediami. Pomocou základných tvarov sme vyskladali približné rozloženie priestorov a pridali sme pár špecifických assetov, dôležitých pre príbeh, ako napríklad počítač a obrazovky v realite alebo hlavná skala a slnko vo virtuálnom svete. Vytvorili sme iba základné osvetlenie ale zatiaľ sme príliš neriešili umeleckosť. Tento krok bol pre mňa osobne jeden z najťažších, pretože mi bolo jasné, že to je veľmi dôležitá časť od ktorej sa doslova odvíja všetko ostatné, no je to predsalen prostredie vyskladané z bielych kociek, takže ťažko povedať, či to je dosť dobré a či to bude stačiť. Počas tohto kroku sme taktiež importovali nejaké „megascans“ a vytvárali pomocné pohľady kamier, aby sme mali lepšiu predstavu, ako to celé bude pôsobiť, keď to bude hotové. Tento krok nám trval pomerne dlho a v istom bode sme vymazali všetko, čo sme mali a začali úplne odznova. Bolo to veľmi dobré rozhodnutie!

Čo sa týka animácie, vedeli sme, že budeme chcieť neskôr nahrávať Motion Capture (mocap), no zatiaľ sme ho nemali a museli sme pokračovať v práci aj bez neho. No tvoriť film s postavou, ktorá je celý čas v A-pose je veľmi zložité, pretože nemá žiadnu emóciu. Vytvorili sme si teda pár póz podľa animatiku, aby sa nám ľahšie vytvárali pohľady kamery a kompozície, skôr, než sme mali mocap dáta.



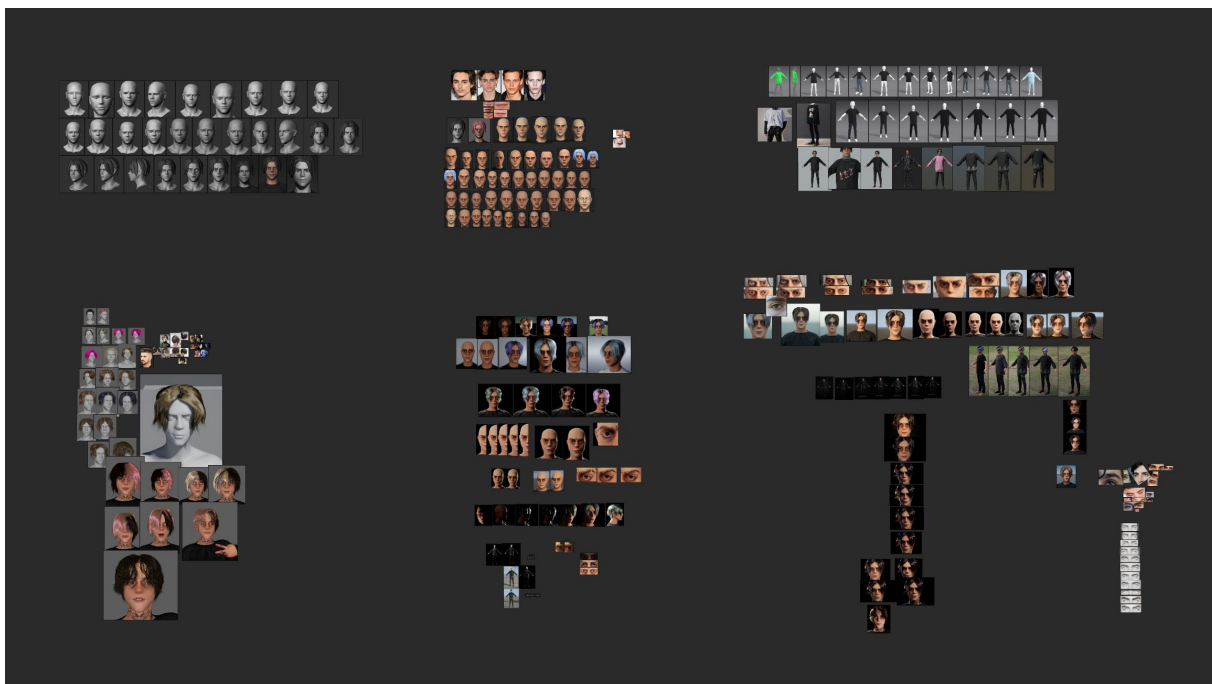


Keďže sme už mali určený workflow pre sequencer, nahodili sme si pózy a začali riešiť časovanie a kamery. Nad kamerami sme sa tiež veľmi nezamýšľali, iba sme skopírovali to, čo sme mali v kreslenom animatiku. V tomto bode bolo dôležité to iba celé dostať do 3D, umeleckosť sme si nechávali na neskôr.

Keď bol hotový 3D animatik, prišiel čas na tú zábavnejšiu časť; experimentovanie s materiálmi, postprocessmi, kamerami a celkovo s vizuálom. Toto bolo naozaj skvelé, pretože tá ťažká časť už bola hotová a mali sme s čím pracovať (hrať sa). V tomto bode sme sa vrátili k referenčným obrázkom, ktoré sme našli na začiatku, aby sme si pripomenuli, akú emóciu vlastne hľadáme a aký vizuál chceme docieľiť. No nešlo iba o vytváranie toho, čo sme mali naplánované. Pracovať v Unreal Engine je pre mňa ako hrať tú najimertznejšiu hru, no výsledok je produktívny. Skúšanie nových toolov a vytváranie náhodných shaderov určite nebolo na škodu a mnoho z týchto vecí sme aj použili vo finálnom diele.

Následne sa v podstate pracovalo na postupnom vylepšovaní všetkého. Možno sa to nezdá, no jednou z najviac užitočných vecí bolo fotenie a dokumentovanie vývinu a mnohých

verzií vecí, vďaka čomu sme mali lepšiu predstavu, čo robíme, ktoré variácie sa nám najviac páčia a k čomu by sme sa mali vrátiť. Na takéto „trackovanie progressu“ sme používali výborný program PureRef, kde sa dajú vytvárať nástenky obrázkov.



Povedala by som, že najviac úsilia išlo do pre-produkcie a celkovej prípravy, vďaka čomu mala produkcia vcelku hladký priebeh. Celý film predsalen vznikol úplne na začiatku - v našich myšliach, takže previezť ho do reality už bola hračka.

### 3.3. POSTPRODUKCIA

Tvorit' film v real-time programe pôsobí iným dojmom, než tvorba CGI filmu bežným spôsobom a je veľkou výhodou, že sa takmer všetko rieši v tom istom programe. Umožňuje nám to pohodlne pracovať a kedykoľvek robiť kľudne aj veľké zmeny, ktoré sa hneď aplikujú na celý film. Z toho samozrejme vyplýva, že by bolo ideálne riešiť čo najviac z post-produkcie tiež priamo v engine.

V Unreal Engine existuje actor s názvom PostProcessVolume. Dáva nám možnosť mať väčšiu kontrolu nad celkovým vizuálom obrazu. Dovoľuje nám robiť color grading, bloom, grain, LUTs a iné filmové efekty. Okrem funkcií, ktoré sa v ňom nachádzajú, nám PostProcessVolume povoľuje naprogramovať si vlastné efekty pomocou material graphu. Hranicou sú teda iba naše vlastné schopnosti.

PostProcessVolume je akýmsi hlavným riešením - niečo, čo sa zväčša aplikuje na celý film. No je tu aj možnosť kontrolovať vizuál každého záberu zvlášť. Všetky možnosti, ktoré nám dáva PostProcessVolume sa nachádzajú aj v každej kamere, čiže máme možnosť robiť takéto komplexné úpravy „per shot“.

Sú však aj veci, ktoré predsa len treba v postprodukcii robiť v inom programe. Pre náš film sú to väčšinou veci, ktoré sa robia jednoduchšie v kompozitovom programe.

### 3.4. PROBLÉMY

Pracovať v Unreal Engine má veľa výhod a určite sa to pri tomto projekte oplátilo, ale samozrejme, narazili sme aj na nejaké problémy.

Ako som spomínala, postava Neona bola vytvorená už vo veľmi skorom bode ešte predtým, než sme vôbec otvorili Unreal Engine. A aj keď už sme riešili jeho shadery priamo v engine, prehliadli sme jeden technický atribút rigovania. V mayi bol vytvorený rig, ktorý vyzeral decentne pomocou dual quaternion skinning metódy. Príliš neskoro sme prišli na to, že UE túto metódu nepodporuje a má iba linear skinning. Mali sme teda na výber 2 možnosti – buď prejsť z kost'ového spôsobu práce na alembic, alebo upraviť rig, aby vyzeral dobre s lineárnou metódou skinningu. Výhoda alembicu je, že podporuje akékoľvek deformácie a čokoľvek čo by sme s modelom spravili v mayi, by sme videli aj v UE. No žiaľ, alembic animačné súbory vedia byť obrovské a tieto animácie sa nedajú kombinovať, blendovať, veľmi meniť. Náš celkový spôsob práce bol nastavený tak, aby všetko prebiehalo čo najjednoduchšie a aby sme mali možnosť toho čo najviac kedykoľvek meniť, takže sme sa rozhodli, že alembic nie je spôsob, ktorý by nám vyhovoval.



Rozhodli sme sa teda, že upravíme rig. Väčšinu Neonovho tela tento problém nezasiahol, išlo prevažne o jeho oči. Bohužiaľ, oči sú na postave asi rovnako dôležité, ak nie viac,

než zbytok celého tela. Cez oči vieme komunikovať emócie, oči nesú celý charakter a jeho uveriteľnosť. Bolo preto veľmi dôležité tento problém vyriešiť. Rig už bol však považovaný za hotový a bolo treba pracovať na iných veciach, preto sme sa rozhodli pre „jednoduché riešenie“ – použiť opravné blendshapes na zavreté oči.

Za Neonov rigging som bola zodpovedná ja a s blendshapes som veľmi skúsenosť nemala, takže „jednoduché riešenie“ až také jednoduché nebolo, no chcela som si to vyskúšať a naučiť sa to trochu lepšie. Prvým krokom bolo vytvoriť si kópiu meshu tela, napojiť ho na blendshape systém, poposúvať vertexy tak, aby to pri žmurknutí vyzeralo dobre, skopírovať to isté aj na druhé oko a jednoducho to napojiť na rig. Eeeasy right? Nope 😞 Keď už to vyzeralo, že je všetko hotové, reimportla som model do UE, priradila mu žmurkajúcu animáciu a začali sa diať veľmi divné veci. Pri žmurkaní blendshape vyzeral príliš silno a aplikoval sa na obe oči aj keď malo žmurkať iba jedno. To bolo zvláštne, pretože v mayi to vyzeralo úplne normálne. Neskôr som si však uvedomila, že to spôsobuje tool, ktorý som použila v mayi, tool, ktorý neovplyvňuje samotný blendshape ale iba jeho reprezentáciu v maya viewporte. Po tomto uvedomení už bolo opravenie blendshapov jednoduché.

Žiaľ, ani tu ešte problém neskončil. Silueta oka už vyzerala dobre, no objavil sa problém s normals. Po dlhšiom hľadaní riešenia na internete a vyskúšania veľa rôznych normals nastavení či už v mayi, pri exporte alebo priamo v unreali, tento problém sa nepodarilo vyriešiť a bohužiaľ sme s produkciou filmu museli pokračovať s tým, že model vyzeral škaredo pri žmurkaní.

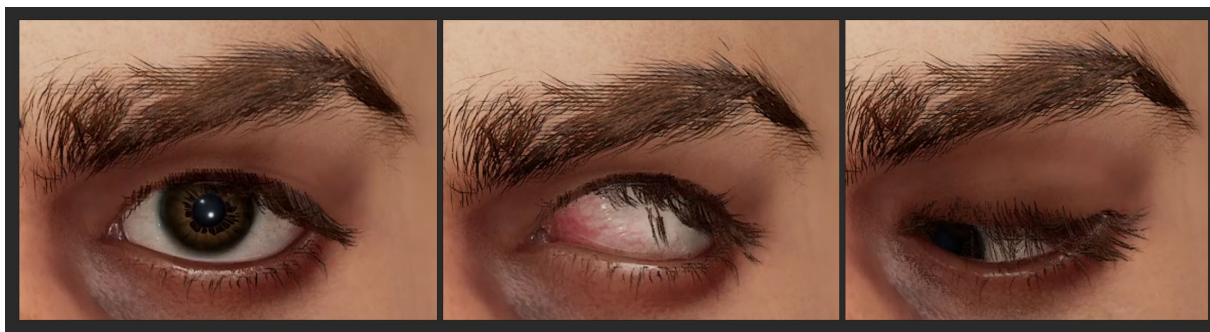


Ďalší problém, na ktorý sme narazili nastal pri používaní alembic groomu. Alembic groom je celkom nová funkcia, ktorá je absolútne šokujúca a skvelá. Dovoľuje nám pridať postave veľmi realisticky vyzerajúce vlasy, obočie a mihalnice, ktoré sa zároveň aj simulujú v real-time! Bolo nám jasné, že keďže je funkcia veľmi nová, určite nastanú nejaké problémy a na internete bude málo zdrojov, ktoré by nám pomohli, no aj cez to všetko sme si povedali, že to musíme vyskúšať.

Na naše prekvapenie, celé to hneď fungovalo veľmi dobre. Teda aspoň pre vlasy. Problémy nastávali pri menších častiach – mihalniciach a obočí.

Pri použití tzv. “binding assetu”, ktorý pripevní groom ku meshu a pomáha nasledovať deformácie skinningu nám vznikli hneď dva problémy. Na groome sa objavili zvláštne čiarky, ktorých sa nedalo nijak zbaviť. Ďalším problémom boli samotné deformácie a zvláštne správanie sa groomu pri deformácii meshu. So samotným binding assetom nie je nič zlé, ale nedá sa upraviť vplyv tak, ako by sa dal so skinning toolom v mayi. Rozhodli sme sa teda, že obočie a mihalnice pridáme do modelu ako skinned mesh a bude ovládaný kostrou, rovnako ako zvyšok

tela. Tým pádom sme mali väčšiu kontrolu nad tým, ako vyzerajú ich deformácie.



Simulácia vlasov fungovala bez problémov, no to neznamená, že samotný alembic groom bol bezproblémový. Toto však nie je problém unreal engine, ale samotného nástroja, ktorý sme používali na vytváranie groomu – xGen v mayi. Neonove vlasy totiž mali byť farebné. Vlasy sa exportujú do UE ako krivky, čo znamená, že neobsahujú atribút UV mapy tak, ako mesh. Tým pádom by nemalo byť možné nakresliť si textúru, od ktorej by vlasy zdieľali farbu. Vývojári Unreal Engine však tušili, že to je presne to, čo ľudia budú chcieť, takže na to vymysleli riešenie. V dokumentácii sa nachádza skript, ktorý by v mayi mal priradiť ku krivkám nový atribút, ktorý by každej jednej krivke priradil údaj o tom, ako blízko sa nachádza k určitému polygonu neonovej hlavy, ktorá UV má. Toto žiaľ vyžaduje programátorské zručnosti, pretože samozrejme, skript pri prvom použití nefungoval. Po dlhom hľadaní na internete, pýtani sa na fórach a dokonca skúšaní skriptov, ktoré pre nás vytvorili ľudia, ktorí to vedeli lepšie sme sa ku

farebným vlasom, riadeným textúrou nedostali. UE tento súbor vždy prečítal tak, akoby žiaden Root UV atribút nemal, preto vytvoril nový – pomocou kruhovej projekcie. Jediné, čo nám ostávalo, bolo vytvoriť farbu na Neonové vlasy procedurálne, priamo v UE.

Dozvedeli sme sa, že iné nástroje na vytváranie vlasov automaticky priradujú vlasom tento atribút, takže na nasledujúcom projekte ich určite vyskúšame.

Problém s očnými viečkami nebol jediný, ktorý sa nám postavil do cesty pri tvorení realistickej postavy, ktorej pohľad by bol presvedčivý. Problémy sme mali aj pri tvorbe textúry Neonových očí. Oči boli pri mojej práci vždy veľmi zanedbané, o čom som sa presvedčila hlavne vo chvíli, keď som sa pozrela na Neona, ktorý ich už mal vytvorené správne. Človek by nečakal, že taká maličkosť urobí tak veľa.

Najprv som sa snažila textúru očí vytvoriť v programe substance painter. Keď už mi bolo jasné, že oči sú príliš detailné na to, aby som ich proste nakreslila, rozhodla som sa nájsť nejaký shader, ktorý by to spravil za mňa a upravila by som ho podľa seba. Žiaľ, nič použiteľné som nenašla, no stále som mala plán B. Tak isto, ako povrch pokožky zo stránky texturing.xyz zachránil uveriteľnosť neonovej tváre, verila som že aj textúry očí z rovnakej stránky urobia to isté. Vybrala som si teda textúru, ktorá sa mi páčila najviac, importovala ju do substance paintera a snažila som sa z nej dostať čo najlepší výsledok. Textúra očí bola vlastne súbor textúr, ktoré mi povolili upravovať celkový vzhľad oka do hĺbky. Keď som už bola ako tak spokojná, exportovala som textúry do UE. Niečo ale nebolo v poriadku. Neonova tvár stále vyzerala mŕtvo a ja som nevedela prečo. Po dlhšom skúmaní som zistila, že odraz v očiach je tým, čo mu chýba. Samozrejme, znova som sa rozhodla pátrať na internete a jediné čo som zistila bolo to, že jednoduchým shaderom tento problém nevyriešim. Nechcela som však na tomto probléme strátiť príliš veľa času, tak som sa znova rozhodla pre „jednoduché riešenie“ – vytvoriť druhý mesh oka, ktorý bude trochu väčší a ten sa postará o lesklosť a odrazy. Neon vyzeral stále lepšie a lepšie a veľmi ma to motivovalo pokračovať v práci a vylepšovať ho. Keď už bol tento problém považovaný za vyriešený, všimla som si na neonovej tvári veľmi slabé artefakty. Príliš som im nevenovala pozornosť, Neon predsa vyzeral dobre a bolo treba pracovať na iných veciach. Jedného dňa som si však uvedomila, že to je problém, ktorý skôr či neskôr bude treba vyriešiť, tak som sa rozhodla pozrieť sa na to. Pri vystavovaní Neona iným svetelným podmienkam som prišla na to, že to vôbec nie je malý problém, práve naopak, bolo to veľmi divné a veľmi viditeľné. Z nejakého dôvodu sa shader Neonovho vonkajšieho oka nemal rád so shaderom vlasov a render

nevedel pochopiť, že vlasy sa nachádzajú pred okom. Pochopiteľne, na internete sa tento problém nikde nespomínal, tak som sa rozhodla opýtať sa na to ľudí, čo pracujú v UE. Dostala som odporúčenie, že mám vyskúšať očný shader z jedného z projektov, ktoré Unreal Engine ponúka pre ľudí na učenie sa. Stiahla som si teda projekt „Digital Human“ a bola som veľmi prekvapená, aké realistické výsledky sa dajú dosiahnuť v reálnom čase. Zobrala som si shader, presunula som ho do nášho filmového projektu a aplikovala ho na Neona. Tento shader bol vytvorený pre mesh s inými UVs, takže nevyzeral na modeli dobre. Vracat' sa ku zmene UV sa zdalo byť neproduktívne, keď bol tento problém už dávno považovaný za vyriešený, tak som sa rozhodla zobrať z projektu Digital Human nie iba shader, ale aj celý očný mesh. Importovala som si teda postavu Mike do maye a skúmala, ako bol vytvorený. Zistila som, že jeho očný mesh sa skladá z viacerých, menších meshov, ktoré výrazne pridávajú na realizme. Okrem hlavného meshu oka sa tam nachádzalo vonkajšie oko, mesh pre slznú tekutinu a pomocný mesh, ktorého funkcia bola zjemnenie prechodu ostatných materiálov. Prispôsobila som teda všetky tieto kúsky na Neona, ktorý vďaka tomu definitívne vyzeral realisticky.

