

SISTEM ZA AUTOMATSKO GENERISANJE RIGA LJUDSKOG LICA**SYSTEM FOR AUTOMATIC GENERATION OF HUMAN FACE RIG**Tamara Delić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – RAČUNARSKA GRAFIKA**

Kratak sadržaj – *Svakodnevno vidimo mnoga lica i komuniciramo sa njima na različite načine: razgovaramo, slušamo, gledamo, te su nam izrazi lica veoma važni. Ova činjenica čini posao 3D umetnika koji kreiraju lice digitalnog karaktera veoma teškim. Ručno rigovanje je vremenski zahtevan posao pa je automatizacija određenih procesa neophodna. Ovaj rad bavi se kreiranjem jednog automatskog sistema koji osim što štedi vreme umetnika, on ga vodi kroz proces rigovanja i smanjuje mogućnost pravljenja greške. Sistem je fleksibilan i može se upotrebiti u projektima različitog tipa i nivoa kompleksnosti.*

Ključne reči: *rigovanje, lice, interfejs, kontrole, materijal, mape, animiranje, Python, Maya*

Abstract – *We see many faces every day and communicate with them in different ways: we talk, listen, watch, so facial expressions are very important to us. This fact makes the work of 3D artists, who create a face of a digital character, very difficult. Manual rigging is very time-consuming and therefore automating certain processes is necessary. This paper deals with the creation of an automatic system which, in addition to saving the artist's time, guides him through the process of rigging and reduces the possibility of making a mistake. The system is flexible and can be used in projects of different types and levels of complexity.*

Keywords: *rigging, face, interface, controls, material, map, animating, Python, Maya*

1. UVOD

Ljudsko lice je jedna od najizazovnijih oblasti u umetnosti jer su ljudi sposobni da primete i najmanje promene na licu osobe, te umetnici moraju da budu veoma vešti kako bi reprodukovali lice i željeni izraz lica. Stvaranje uverljivih i privlačnih pokreta lica sa odgovarajućom deformacijom antropomorfnih 3D karaktera zahteva dobar plan, preciznost, oštro oko, znanje u oblasti anatomije, ali i animacije. Danas se animacija lica vrši snimanjem pokreta i/ili ručnim kreiranjem pokreta od strane iskusnih umetnika koji postavljaju i manipulišu kontrolama animacije kako bi stvorili željeni pokret.

Kako tehnologija napreduje, modeli lica postaju sve složeniji, te je skoro nemoguće definisati rig koji može dobro funkcionisati za svaki pokret i svaki karakter. Programiranje u ovoj oblasti omogućava kreiranje alata

koji ubrzavaju i olakšavaju procese, čineći ih fleksibilnijim.

Ovaj rad se bavi kreiranjem jednog sistema za automatsko postavljanje strukture koja kontroliše model ljudskog lica sa kombinovanim pristupom, a koji se najviše oslanja na FACS sistem. Kreiran sistem, osim što štedi vreme umetnika koji kreira rig, on i vodi umetnika kroz ceo proces i pri tome smanjuje mogućnost stvaranja greške.

2. TEORIJSKE OSNOVE

Postavljanje kontrola i stvaranje mogućnosti kretanja jednog 3D modela se naziva rigovanje (eng. *rigging*). Najbolja analogija za rigovanje digitalnog karaktera jeste postavljanje kontrole nad marionetom. Pioniri ove oblasti 1960-ih godina zapravo su imitirali lutkarstvo. Broj i pozicija zglobova koji se kontrolišu na lutkama diktira amplitudu i glatkoću pokreta, ali takođe i složenost manipulacije. Isto se može primeniti i u digitalnom svetu, kompleksniji rig može omogućiti pravilniji i atraktivniji pokret na digitalnom karakteru [1].

2.1. Rigovanje lica

Rigovanje lica je veoma osetljiva oblast, jer je svaka osoba sposobna da svesno ili nesvesno licem kreira mnoštvo suptilnih izražajnih varijacija, postizujući širok spektar izraza [1]. Facijalne ekspresije su ključ za neverbalnu komunikaciju i prenos emocija kako kod ljudskih bića, tako i kod virtuelnih karaktera. Ljudi su sposobni da lako prepoznaju neprirodno ponašanje virtuelnih likova zbog svakodnevne bliskosti i osetljivosti na izgled lica [1].

Izrazi lica poboljšavaju sveobuhvatni doživljaj gledaoca, pa svaka nedoslednost u izgledu ili nerealni izraz mogu uništiti utisak o filmu izazivajući svojim izgledom i pokretima neprijatan osećaj i nelagodnost kod gledaoca, a takav karakter spada u oblast sablasne doline (eng. *uncanny valley*) [1]. Savremena tehnologija omogućila je umetnicima da kreiraju karaktere koji preskaču sablasnu dolinu.

2.1.1. Interfejs u rigu

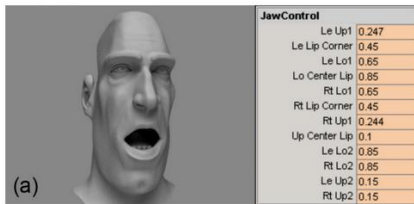
Postoje tri pristupa koje animatori koriste za interfejs riga i uglavnom ih biraju na osnovu subjektivne preferencije i navike.

a. Animiranje atributima [1]

Animiranje atributima predstavlja direktan unos vrednosti atributa, bez vizuelnih kontrola nad modelom. Pokreti se kontrolišu menjanjem vrednosti, koje se uglavnom kreću od 0 do 1 (Slika 1).

NAPOMENA:

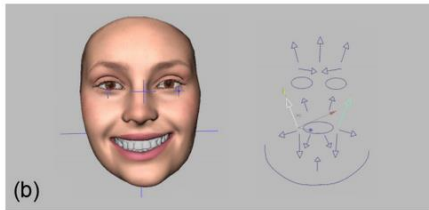
Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Ratko Obradović, red. prof.



Slika 1: Animiranje atributima [3]

b. Animiranje kontrolama u 2D obliku [1]

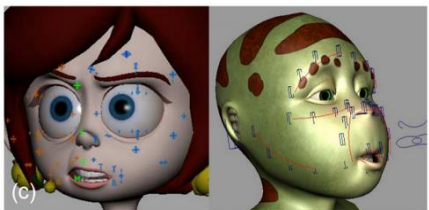
Pri animiranju kontrolama u 2D obliku vizuelne kontrole stoje pored modela u jednoj ravni, nezavisno od samog modela, vizuelno podsećajući na ono što kontrolišu. Mogu da se pomeraju samo u jednoj ravni (gore-dole, levo-desno) što će na zadati način uticati na kretanje modela (Slika 2).



Slika 2: Interfejs sa 2D vizuelnim kontrolama [3]

c. Animiranje kontrolama u 3D obliku [1]

Pri animiranju kontrolama u 3D obliku, vizuelne kontrole su postavljene direktno na površini modela. Poklapaju se sa ivicama na modelu, ili su nekog 3D geometrijskog oblika koji je lako vidljiv. Geometrijskim transformacijama utiču na odgovarajući deo modela (Slika 3).



Slika 3: Interfejs sa 3D vizuelnim kontrolama [3]

2.1.2. Pristupi

Postoje različiti načini deformisanja 3D modela, tj. mreže poligona, a samim tim i različiti pristupi rigovanju lica sa svojim prednostima i manama. Većina rigova zapravo koristi kombinaciju nekih od pristupa [2]. Najčešći pristupi zasnovani su na kostima (eng. *bone based*), izrazima deformacije (eng. *blendshape based*) ili mišićnim sistemima (eng. *muscle based*).

U pristupu zasnovanom na kostima, potrebno je postaviti kosti ili zglobove (eng. *joints*) na odgovarajućim pozicijama, tako da njihovom rotacijom ili translacijom dobijamo deformaciju mreže poligona koja se poklapa sa deformacijom lica pri zadatom pokretu.

Za pristup zasnovan na izrazima deformacije potrebno je kreirati više modela sa različitim izrazima lica, tj. ekstremima pokreta lica, ali tako da topologija modela ostane nepromenjena. Interpolirajući poziciju verteksa poligona mreže postiže se pozicija zadata na izrazima deformacije, pri čemu dobijamo željeni pokret i ekspresiju na modelu.

U trećem pristupu koristi se sistem mišića koji oponašaju realne mišiće lica čijim deformacijama dobijamo ekspresije na modelu. Iako deluje najprirodnije zahteva

veoma kompleksan sistem za postizanje istog rezultata kao sa nekim od prethodna dva pristupa. Jan Erik Olsen tvrdi da je ovaj pristup ipak veoma moćan u kombinaciji sa drugim pristupima [2].

2.2. FACS sistem

Skraćenica FACS se odnosi na *Facial Action Coding System*, odnosno sistem koji je razvijen da na osnovu teorijske perspektive diskretnih emocija, meri specifične pokrete lica kako bi odredio zadatu emociju [4]. Carl-Herman Hjortsjö je 1970. godine prvi kreirao ovaj sistem sa 23 facijalna pokreta, a koji je naknadno bio razvijen od strane naučnika Paul Ekman i Wallace Friesen 1978. godine [5]. Ovaj sistem se najčešće koristi za procenjivanje ekspresije u realnom vremenu, dok se ostali vidovi procenjivanja poput psiholoških testova i razgovora sa osobom mogu odvititi tek nakon stimulusa koji je aktivirao emociju [5]. FACS sistem se sastoji od 42 akcione jedinice koje se mere pri određivanju emocije. Odgovarajuća kombinacija akcionih jedinica definiše neku od emocija.

2.3. Postupak po Jason Osipa, knjiga *Stop Staring*

Jason Osipa profesionalno se bavi 3D grafikom od 1997. godine, radeći na projektima za televiziju, video igre i filmove. U knjizi *Stop Staring* detaljno je predstavio postupak kreiranja funkcionalnog lica čovekolikog karaktera, od modelovanja, preko rigovanja, do postupka pri animiranju. Omogućava sagledavanje čovekovog lica na pravi način i razumevanje kretanja kože i mišića, kako bi se na realističan način preneli na virtuelne karaktere [3]. Osim kreiranja pravilne mreže poligona za *low poly* model u knjizi se takođe može naučiti i o primeni *displacement* mapa na model, kojim se dobija prikaz bora na *low poly* modelu. Prikazuje detaljan postupak i proces rigovanja lica postavljanjem skeleta, mreže čvorova kontrole i kreiranje interfejsa za olakšano animiranje. Ceo ovaj proces je primenjen u praktičnom delu ovog rada sa nekim izmenama dodatim zbog savremenijeg softvera, kombinacije sa drugim pristupima, i prilagođavanja modelu.

2.4. Postupak prema projektu Adama Springa

Adam Spring je 3D umetnik sa preko deset godina iskustva u oblasti vizuelnih efekata i animacije. Godinama se bavi kreiranjem digitalnog lica po FACS sistemu. Na svom blogu (adamspring.co.uk, maj 2020.) ukratko je prikazao postupak kreiranja digitalnog lica [6].

Prva faza je modelovanje seta facijalnih ekspresija gde je glavna ekspresija neutralni model, koji će biti osnova za sve ostale ekspresije (Slika 4). Za ovaj projekat Adam je koristio *high poly* modele dobijene skeniranjem, ali isti principi mogu da se koriste i za ručno kreirane modele.



Slika 4: Neutralni model u projektu Adama Springa: high poly (levo), low poly (sredina), render sa teksturom (desno) [6]

2.5. Sistemi za automatsko rigovanje

Ručno rigovanje je vremenski zahtevan posao, te je automatizacija neophodna. Postoje različiti sistemi koji u potpunosti ili delimično automatski riguju lice karaktera, a razlikuju se po ceni i u rezultatu koji postižu, kao i nivou kompleksnosti strukture koju grade i interfejsu.

2.6. Okruženje

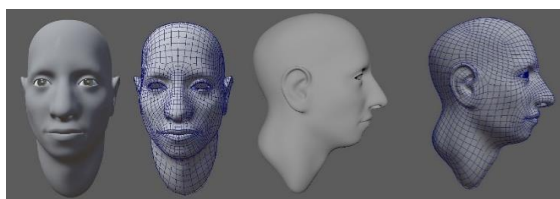
Autodesk Maya je jedan od najpopularnijih 3D softvera u kojima je moguće kreirati rig ljudskog lica [7]. Sistemi koje nudi kreiraju samo jednostavne karaktere sa malim akcentom na rigovanju lica. Iako kompleksni i kvalitetni rigovi lica mogu da se kreiraju u ovom softveru pomoću određenih alata, mogućnost upotrebe programskog jezika *Python*, dodatno olakšava i ubrzava proces. Postoje četiri *Python* biblioteke koje omogućavaju manipulaciju nad alatima u *Maya* okruženju. Za projekat opisan u narednom poglavlju korišten je upravo program *Maya* i iz programskog jezika *Python* biblioteka *maya.cmds*.

3. PRAKTIČAN RAD

U nastavku biće predstavljen kreiran sistem za automatsko generisanje riga ljudskog lica sa kombinovanim pristupom baziranim delom na kostima i delom na izrazima deformacije koji su kreirani po FACS sistemu. Za potrebe ovog rada, kreiran je model ljudske glave prema fotografijama, a koji će se koristiti za prikaz primene kreiranog sistema. Sistem koji je kreiran sastoji se od osam delova koji vode korisnika kroz proces rigovanja lica i deveti koji nudi dodatne alate za olakšan proces animiranja. Sistem je osmišljen tako da je podrazumevano pripremiti *low poly* modele, mape i sekundarnu geometriju pre upotrebe sistema.

3.1. Priprema

Za rigovanje i animiranje, potrebno je kreirati *low poly* model (Slika 6) na koji će se različitim tehnikama preslikati detalji postignuti na *high poly* modelu.



Slika 5: *Low poly* model i mreža poligona

Program *Wrap3* nudi alate koji omogućavaju da se neutralni model preuredi u model neke druge ekspresije, bez menjanja topologije modela.

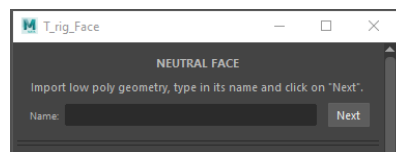
Za kreiranje realističnog karaktera, potrebno je preslikati detalje kože na *low poly* model korišćenjem *displacement* i *color* mape. Postoji i treća vrsta mape koja će biti potrebna za ovaj projekat, a to su *luminance* mape ili drugačije maske, a koje će se koristiti za kreiranje materijala.



Slika 6: *UV*, *displacement*, *color* i *luminance* mapa

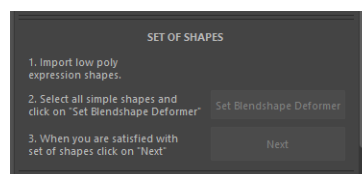
3.2. Delovi sistema

Prvi deo sistema odnosi se na zadavanje neutralnog *low poly* modela kao osnovnog modela (Slika 8). Smeštanje upisanog imena u globalnu promenljivu sprečava mogućnost pravljenja greške korisnika.



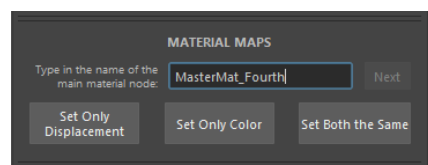
Slika 7: Deo glavnog prozora: zadavanje osnovnog modela

Drugi deo procesa (Slika 9) odnosi se na izraze deformacije (eng. *blendshapes*) i dodavanje deformera za modifikaciju neutralnog modela.



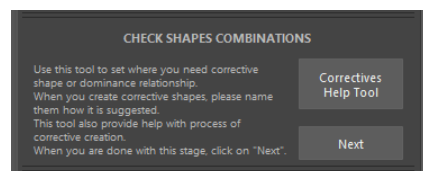
Slika 8: Deo glavnog prozora: postavljanje deformera

Displacement i *color* mape treba da budu povezane u kompleksnu mrežu koja određuje kada se koja mapa i u kojoj meri prikazuje na neutralnom modelu. Automatizacija procesa kreiranja ove kompleksne mreže sprečava da umetnik napravi grešku i značajno štedi vreme (Slika 10). Ono što automatizacija ne pokriva je učitavanje slika. U ovom delu se koriste i *luminance* mape za maskiranje *displacement* i *color* mape.



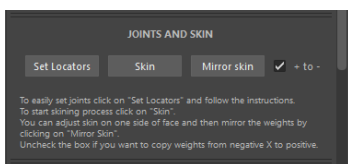
Slika 9: Deo glavnog prozora: postavljanje mreže mape

Četvrti deo odnosi se na definisanje potrebnih korektivnih izraza i relacije dominacije među jednostavnim izrazima (Slika 11). Relacijom dominacije, određujemo dominantan izraz u nekoj kombinaciji. Korektivni izraz je potreban u estetski lošem rezultatu kombinovanja nekih izraza.



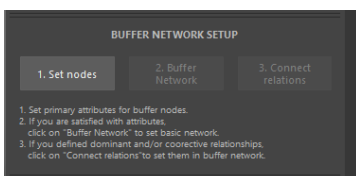
Slika 10: Deo glavnog prozora: definisanje relacija među izrazima deformacije

Sledeći deo (Slika 12) odnosi se na kosti i skinovanje (eng. *skinning*). Prvo dugme „*Set Locators*“ pokreće porocis postavljanja lokatora na čija će mesta biti postavljeni *joint* objekti. Sledeće dugme je „*Skin*“, a otvara prozor gde možemo da definišemo proces skinovanja (eng. *skinning*).



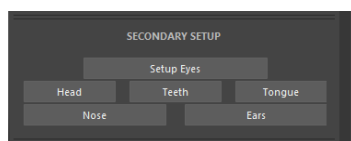
Slika 11: Deo glavnog prozora: kosti i skinovanje

„Buffer Network“ formira glavnu mrežu (Slika 13) na čije kreiranje korisnik nema uticaj. Automatizacija ovog dela je veoma bitna jer je kreiranje mreže vremenski zahtevno, i zbog mnogo sličnih postupaka može lako da dođe do greške. Mreža omogućava manipulaciju nad izrazima deformacije na više različitih načina.



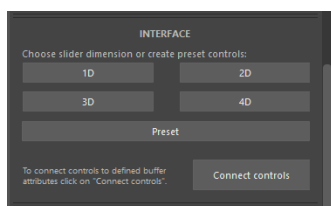
Slika 12: Deo glavnog prozora: postavka glavne mreže upravljanja

Deo koji se odnosi na sekundarnu geometriju je prikazan na Slici 14. *Setup Eyes* kreira sistem za oči koji tako funkcioniše da pri rotaciji oka kapci prate pogled, a pri tome postoji mogućnost dodatne kontrole zatvorenosti kapaka. *Head, Nose, Ears* ostavruje pokrete glave transformacijama kostiju za vrat i glavu. *Teeth* obezbeđuje da zubi ne probijaju geometriju pri izrazima deformacije koji menjaju položaj usana.



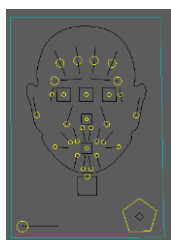
Slika 13: Deo glavnog prozora: sekundarna geometrija

Pretposlednji deo glavnog prozora odnosi se na kreiranje interfejsa sa vizuelnim kontrolama za animiranje (Slika 15).



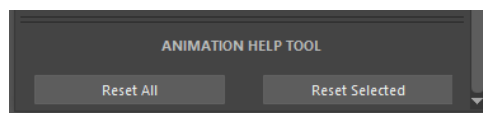
Slika 14: Deo glavnog prozora: kreiranje interfejsa

Moguće je odabrati jednu od opcija pojedinačnog kreiranja kontrola ili predefinisani šablon celokupnog 2D interfejsa (Slika 16).



Slika 15: Predefinisani interfejs

Poslednji deo odnosi se na pomoć pri animiranju (Slika 17), a omogućava vraćanje kontrola u početnu poziciju.



Slika 16: Deo glavnog prozora: pomoćni alati u procesu animiranja

4. ZAKLJUČAK

Svet animacije je more beskonačanih mogućnosti. Savršen sistem za automatsko generisanje riga ne postoji. Svaki studio kreira svoje alate koji su prilagođeni određenim projektima, dok u akademskom svetu, cilj je proširivanje vidika, kreiranje nečeg novog, boljeg.

Mogućnost upotrebe programerskih veština u oblasti rigovanja ima veliku ulogu u brzom napretku i stvaranju novih, moćnijih projekata i rešenja.

5. LITERATURA

- [1] V. Orvalho, P. Bastos, F. Parke, B. Oliveira and X. Alvarez: Facial Rigging Survey, State of The Art Report, EUROGRAPHICS 2012.
- [2] Jan Erik Olsen: A muscle based face rig, Innovations report.
- [3] Jason Osipa: Stop Staring, Wiley Publishing 2010.
- [4] Ann M. Kring, Denise Sloan: The Facial Expression Coding System (FACES): A Users Guide, Unpublished manuscript.
- [5] Bryn Farnsworth: Facial Action Coding System (FACS), <https://imotions.com/blog/facial-action-coding-system/>, datum pristupa 18.08.2021.
- [6] Adam Spring: FACS Rigging & Texture Blending, <https://adamspring.co.uk/2020/05/25/facs-rigging-texture-blending-digital-humans/>, datum pristupa 18.08.2021.
- [7] Autodesk Maya Overview, <https://www.autodesk.com/products/maya/overview>, datum pristupa 18.08.2021.

Kratka biografija:



Tamara Delić je rođena 25. marta 1996. godine u Novom Sadu, gde je kao nosilac Vukove diplome završila Osnovnu školu "Jovan Popović" i gimnaziju "Jovan Jovanović Zmaj". Od 2015. godine studirala je na Fakultetu tehničkih nauka, smer Animacija u inženjerstvu. Osnovne studije završila sa prosekom 9,78, a master studije na istom smeru završila je sa prosekom 9,78. Kontakt: tamara.ledy.96@gmail.com