

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA

Računalna animacija

**Pregled tehničkih rješenja
DreamWorks studija s fokusom na
filmove *Kung Fu Panda***

Paulo Erak

Zagreb, siječanj 2024.

Pregled tehničkih rješenja DreamWorks studija s fokusom na filmove *Kung Fu Panda*

Sažetak

Ovaj rad pruža kratki osvrt na neka od tehničkih rješenja iz područja računalne animacije razvijena od strane studia DreamWorks. Fokus se stavlja na rješenja korištena u filmovima trilogije *Kung Fu Panda*.

SADRŽAJ

1. Uvod	1
2. Sistemi za lica	3
2.1. Sistem na bazi anatomije [3]	4
2.2. Noviji sistem za lica [5]	5
3. Perje	6
3.1. Perje samo po sebi [2]	6
3.2. Lord Shen i paunov rep [6]	9
4. Lanci [7]	11
5. Buduće krzno [4]	14
6. Zaključak	16
7. Literatura	17

1. Uvod

DreamWorks Animation, poznat još pod skraćenim nazivom *Dreamworks*, američki je studio animacije koji primarno proizvodi svoje filmove računalnom animacijom, a u ranijim danima bavio se i tradicionalnom animacijom i stop motion animacijom. *DreamWorks Animation* trenutno je u vlasništvu *Universal Pictures*.



Slika 1.1: DreamWorks logo

DreamWorks je nastao 1994. i do danas još uvijek proizvodi izrazito kvalitetne i interesantne animirane filmove. U njihov opus ulaze svezremenski klasici animiranih filmova poput: *Princ Egipta* (engl. *The Prince of Egypt*), *Shrek*, *Madagascar*, *Kako izdresirati zmaja* (engl. *How to Train Your Dragon*), *Kung Fu Panda*, *Mačak u Čizmama: Posljednja Želja* (engl. *Puss in Boots: The Last Wish*)... Zasluge za visoku kvalitetu filmova, uz scenariste i odjel za audio, svakako zaslužuje i odjel za animaciju. Odjel za animaciju uz korištenje najnovije tehnologije i postojećih tehnika razvija svoja rješenja za probleme animacije, pojednostavljenja rada i fleksibilnosti. Svoje radove objavljuju i drže u internetskoj knjižnici [1] koja je značajan doprinos drugim animatorima, ali i ovom radu.

U ovom radu stavlja se fokus na neke od tehnika i rješenja koja su korištena ili razvijena za trilogiju animiranih filmova *Kung Fu Panda*. Fokus je stavljen na trilogiju zbog raznolikosti likova koji su često prekriveni krznom ili perjem što donosi svoju kompleksnost u animaciji (Slika 1.2), zanimljivih elemenata poput oružja povezanih

lancima gdje se lanci trebaju ponašati realistično (Slika 1.3), promjene tehnika između filmova i interesantnih pokreta likova koji bi mogli uzrokovati nepoželjne deformacije.



Slika 1.2: Prikaz različitih likova iz trilogije



Slika 1.3: Prikaz oružja povezanih lancima

2. Sistemi za lica

Lica igraju veliku ulogu u svakodnevnoj ljudskoj interakciji. Pomažu nam u identifikaciji, dobivanju informacija o tome što druga osoba osjeća u trenutku, pripomažu u komunikaciji gdje prema obliku usta možemo zaključiti što će osoba reći (čitavanje s usana) i kako pristupiti dalje u interakcijama. Važnost prikaza ljudskih lica jasna je svim umjetnicima, a posebno animatorima koji se ne bave samo prikazom jednog kadra/slike ljudskog lica već interpolacijama između različitih izraza lica.



Slika 2.1: Ljutit



Slika 2.2: Iznenaden



Slika 2.3: Tužan

Slika 2.4: Suptilne razlike između različitih izraza Tai Lunga

Kako bi se postigao vjeran prikaz i izmjene lica razvijeno je nekoliko sistema za lica od kojih se dva različita koriste tijekom trilogije. Prvi sistem baziran je na anatomiji lica i korišten je u DreamWorksu od osnutka 1994. do 2014. godine. Drugi sistem baziran je na velikom skupu kontrola koje upravljaju specifičnim dijelovima lica. Ovaj noviji sistem razvijen je iz više razloga: kako bi se poboljšao protok rada, kako bi se mogao koristiti noviji software i kako bi se povećala fleksibilnost za umjetnike. O ovom sistemu bit će govora nešto kasnije.

2.1. Sistem na bazi anatomije [3]

Početna ideja bila je oponašanje prirode, tj. simulacija kosti lica, zglobova, slojeva mišića i masti. Naravno samo prikazivanje struktura nije dostatno. Bilo je potrebno i znanje koji mišići se aktiviraju pri svakom izrazu lica. Generalna ideja bila je stvoriti elastičnu mrežu (Elastic Network ENET) struktura koje bi predstavljale mišiće lica. Svaka poveznica u mreži imala je zadanu napetost te se upravo po toj napetosti iskazivala kontrakcija mišića.



Slika 2.5: Prikaz različitih lica od *Antz* (1998.) do *Mr. Peabody & Sherman* (2014.)

U ENET-u postoji nekoliko struktura: elastične poveznice (mišići), fiksne točke (mjesto gdje se mišići spajaju s kostima), *floating points* (mjesto spajanja dva mišića) i sidrišta (korištena za opuštena stanja ENET-a). Pomicanje jedne točke uzrokuje pomicanje susjednih točaka što utječe na pomicanje njihovih susjednih točaka itd. To se odvija dok se ne postigne stabilno stanje. Pomicanje se događa kao rezultat pokušaja programa da zadrži poveznice u zadanom stanju napetosti.

Na ENET se kasnije dodaju još međuslojevi i poligoni koji čine *Masku*. Na masku dolazi sloj različitih obliha oblika koji predstavljaju slojeve masti u licu. Na posljetku se dodaje koža.

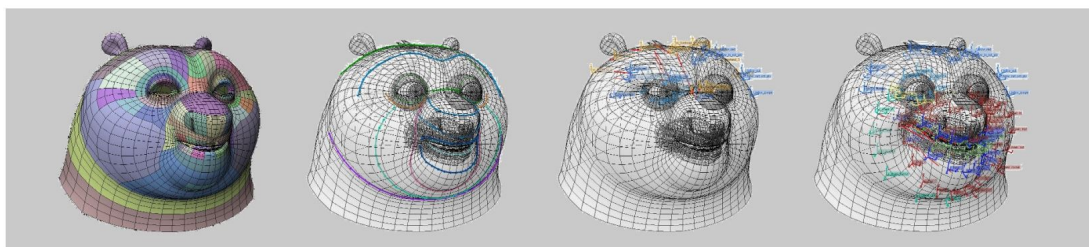
Pošto ljudi koriste iste mišiće za iste izraze lica, lako je izraze prevesti u animaciju bilo kojeg lica. Zglobovi se rotiraju i transliraju, a poveznice se opuštaju ili zatežu kako bi se postigla potrebna kontrakcija zadanih mišića. Animatori ne moraju uvijek raditi isti posao iznova već mogu imati unaprijed programirane izraze za koje računalo izračuna potrebne pozicije i kontrakcije.

S vremenom je sustav izmijenjen kako bi se prilagodio modernijim zahtjevima i tehnologiji. ENET sustav zamijenjen je elastičnom mrežicom ¹ (Elastic Mesh EMESH) koja dijeli lice u manje dijelove i na koju direktno dolazi model. Time možemo maknuti neke slojeve i smanjiti kompleksnost. Postavlja se pitanje. Kako novi sistem radi?

¹U ovom slučaju prijevod se jedva razlikuje, ali ovdje se pokušava napomenuti kako više nećemo raditi s cijelom mrežom elastičnih poveznica već više sa strukturom u obliku mreže/mrežice

2.2. Noviji sistem za lica [5]

Novi sistem kombinira nekoliko zanimljivih ideja. DreamWorks je kombinirao svoj sistem za pokrete s interpolacijskim sistemom na bazi krivulja uz slojevite deformacije. Kombinacija omogućuje veću slobodu, kontrolu i potrebnu apstrakciju za animatore što pospješuje protok u studiju.



Slika 2.6: Prikaz sustava na bazi elastične mrežice

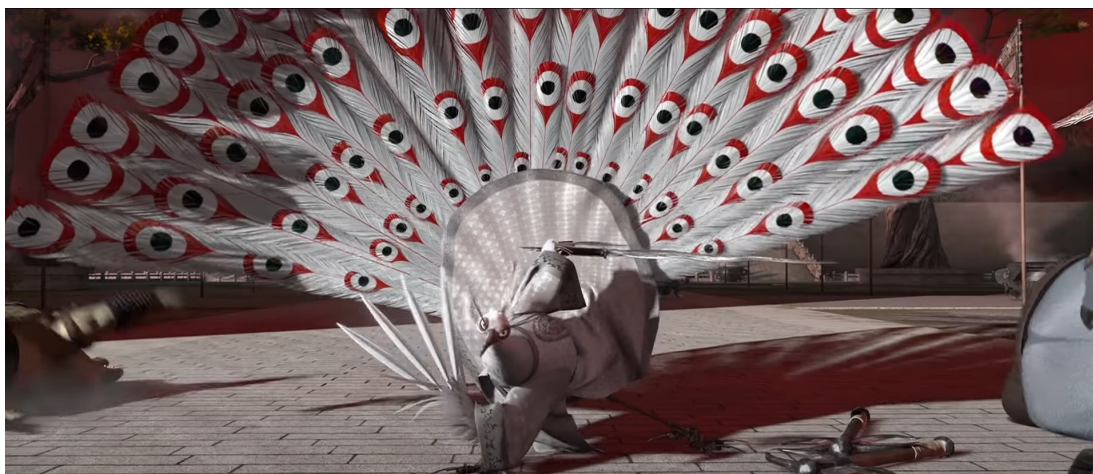
Po sustavu mrežice možemo vidjeti krivulje koje dijele lice na glavna i sporedna područja. Manipulacijom krivulja i područja dolazimo do željenih izraza. Manipulacija se postiže velikim brojem kontrola za svako područje koje je od velike važnosti i na usluzi umjetnicima/animatorima. Skup kontrola omogućuje im veliku slobodu prilikom podešavanja unaprijed programiranih izraza čime se postiže vrlo dobra personalizacija svakog lika. Pokreti lica odvijaju se kao interpolacije između pozicija koje je zadao animator. Inače bi se interpolacije odvijale s pomoću dosta rijetkog skupa podataka, ali u ovom slučaju DreamWorks je odlučio koristiti bolju interpolaciju na bazi krivulja. Još jedna razlika zbog koje ovaj sistem odskače od drugih sličnih sistema koji se koriste thin-plate splinovima i Gaussovim radijalnim funkcijama (koje je teško za kontrolirati i dolaze sa svojim poteškoćama) je ta da DreamWorks razbija svoj višedimenzijski prostor u skup jednodimenzijskih nakon čega koriste jednostavnije kubične splinove.

Deformacije se na lice nanose u slojevima čime se može postići grublja ili finija kontrola. Ti slojevi dolaze na ranije opisanu bazu mrežice kojom se pokreti lagano mogu prevesti u deformacije.

Ovaj sistem pokazao se izrazito uspješnim i ima poboljšanu mogućnost višekratne uporabe na različitim likovima za razliku od prošlog sistema. Dodatno se razvija i nadograđuje sa svakim novim animiranim filmom.

3. Perje

Radnje trilogije *Kung Fu Panda* odvijaju se u antropomorfiziranom svijetu gdje susrećemo životinje poput panda, tigrova, majmuna, kornjača, volova... s ljudskim karakteristikama. Osim životinja s krznom susrećemo ždralove, patke i paunove koji su prekriveni perjem. To što su prekriveni perjem nikako ne smanjuje njihovu složenost. Zato DreamWorks razvija svoje rješenje za općeniti problem rada s perjem, ali i pomalo specifično rješenje za pomoć u animaciji jednog od glavnih antagonista.

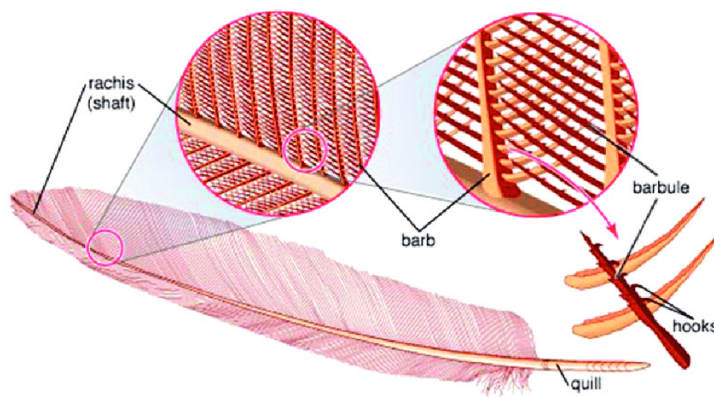


Slika 3.1: Prikaz pauna (*lord Shen*)

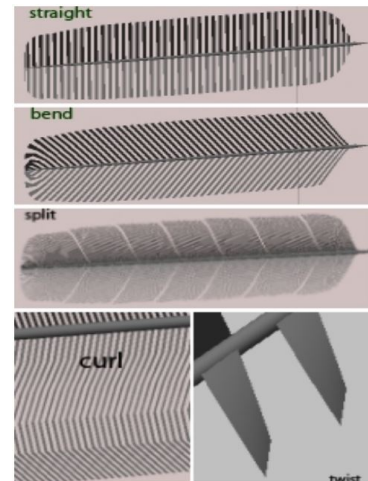
3.1. Perje samo po sebi [2]

DreamWorks je radom na *Kung Fu Pandi* razvio svoj prvi sistem za modeliranje, animiranje i renderiranje perja za lika *Ždral*, a nakon toga su se još više odvažili i odlučili staviti pauna (*lorda Shena*, slika 3.1) kao glavnog negativca drugog dijela u trilogiji. Kako je rad s perjem zahtjevan odlučili su odijeliti stilizaciju i renderiranje od modeliranja perja kako bi svaki odsjek studia mogao raditi izmjene u svom području bez potrebe da drugi odsjeci moraju uvoditi izmjene zbog njih.

Za početak krenimo od samog izgleda pera. Svako pero sastoji se od glavne grane (shaft) i dvije zastavice (vanes). Svaka zastavica sastavljena je od puno malih perca koje imaju kukice. Pera se mogu razlikovati ovisno o tome gdje se nalaze na tijelu, koju ulogu imaju i o kojoj vrsti ptice se radi.



Slika 3.2: Građa pera



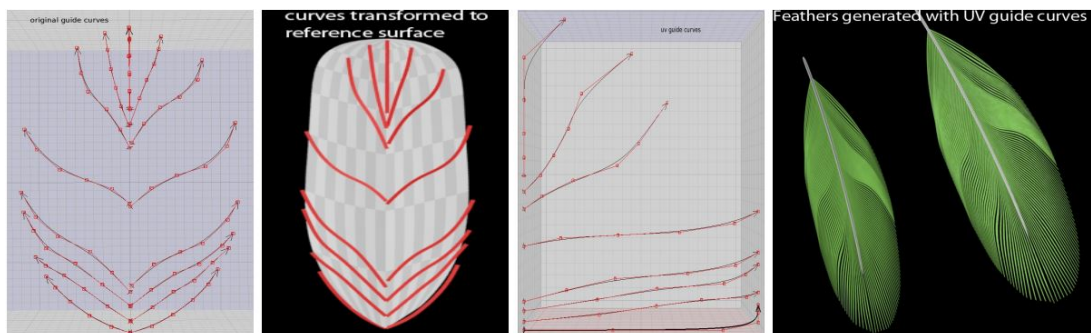
Slika 3.3: Primjer stiliziranja pera

Stiliziranje kreće od najosnovnijeg tlocrta pera s ravnim percima koja rastu okomito na glavnu granu. Umjetniku se daje nekoliko mogućih kontrola koje utječu na perca: gustoća, širina, kut, zakrivljenost po različitim osima, razdvajanje segmenata pera. Varijacije između perja može se uvesti unošenjem šuma u postavke svakog pera i različitim postavkama za perje različitih dijelova tijela.dynamics

Ovaj sistem radi jako dobro, ali dosta je neintuitivan i može doći do preklapanja oblika prilikom jakih izobličenja. Zato je razvijen novi sustav zasnovan na vodećim krivuljama koje će biti nešto poput glavnih perca između kojih će se ostala perca generirati interpolacijom. Međutim uvođenje krivulja u proces nam povezuje modeliranje i stiliziranje, što ne želimo, jer se modeliranje mora odviti u referentnom prostoru prije deformacija i dinamike. Rješenje za to je transformirati krivulje u referentnom prostoru u uv krivulje¹ kako bi mogli primijeniti krivulje kakve želimo.

Grubi algoritam procesa je sljedeći: prebacimo vodeće krivulje na željenu površinu te svaku krivulju razbijemo na nekoliko ključnih točaka. Ključne točke zatim preslikamo u uv sustav. Pomoću tih točaka ponovo sastavimo vodeća perca u uv sustavu.

¹Praktički prebacivanje krivulja iz trodimenzijskog prostora s x, y i z parametrima u dvodimenzijski prostor s u i v parametrima. Ove krivulje su još korisne jer na njih ne utječu deformacije.



Slika 3.4: Proces izrade perja s pomoću krivulja

Sad zadamo područja zastavica između vodećih perca i linearno interpoliramo i u pravilnim intervalima stvaramo perca između vodećih perca. Izmjene su jednostavne i brzo ostvarive promjenom vodećih krivulja, gustoće ili zakrivljenosti.

Koristeći iste datoteke koje smo koristili za stiliziranje perca možemo postaviti boju i sjenčanje na pera što je jako korisno i kompaktno. Međutim, brzo se shvatilo kako će scene s puno vatre i dima zahtijevati još neke nadogradnje kako bi se perje doimalo prozirno. Dodana je adaptivna promjena gustoće perja i mogućnost da perje postane izvor čestica. Umjesto da svako perce postane zaseban izvor, izvor je postala zastavica kao ploha što je dovelo do boljeg korištenja memorije i ubrzanja.



Slika 3.5: Prikaz prozirnosti perja

3.2. Lord Shen i paunov rep [6]

Perje može biti veće i detaljnije nego krzno, a to posebice dolazi do izražaja ako je stavljen veći fokus na pernati lik kao što je na glavnog antagonista *Kung Fu Pande 2*, *Lorda Shena*. U ovom slučaju glavni zadatak bio je osmišljanje rješenja za Shenov rep koji je trebao biti fleksibilan, konzistentan, sofisticiran i slojevit. Bilo je važno dočarati Shena kao dostojanstvenog i elegantnog lika čiji rep čini kontinuiranu površinu više nalik tkanini po fleksibilnosti i kretnjama. Sam rep trebao je biti sastavljen od oko četiri sloja i sto² pera. Rep se trebao moći koristiti u borbi kao štap ili zavjesa, kao padobran, odskočna daska i trebao se moći rastvoriti na proizvoljnom mjestu, a uz to nije smjelo doći do sudara između pera.

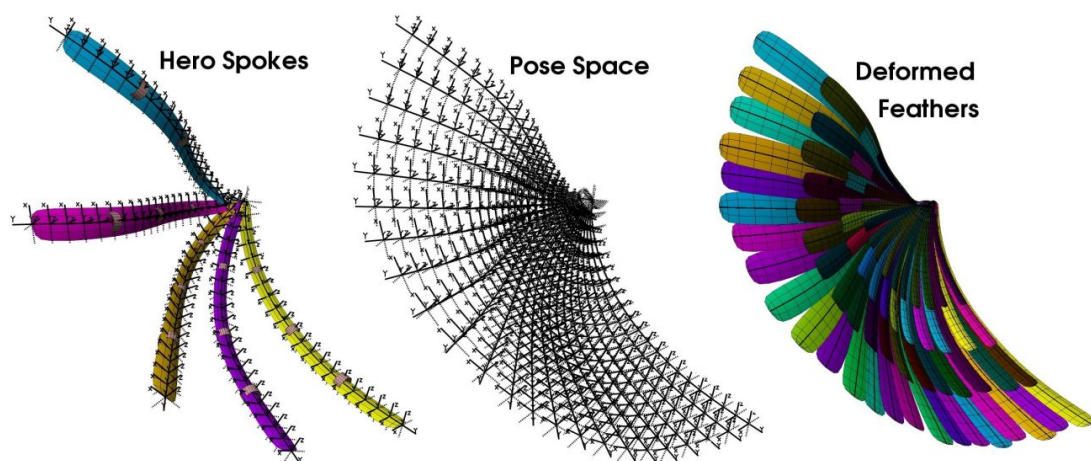


Slika 3.6: Umjetnički prikaz Shena

Svako od sto pera zamišljeno je da ima dvadeset zglobova. Ovakav sustav ne isplati se raditi i kontrolirati ručno. Krenulo se putem vodećih pera (*Hero spokes*) i interpolacije između njih. Prostor između vodećih pera naziva se *Pose space* unutar kojeg su dužina perja i raspored određeni parametarski. To znači da se širenje, zgušnjavanje, razmještanje i rastvaranje perja može postići jednostavnim algoritmom koji raspoređuje perje prema danim parametrima. Dinamički pokreti vodećeg perja prenosi sa na pose space (ostalo perje) te na ostale slojeve perja.

Sad kad imamo rep i sve perje koje mu pripada moramo se pobrinuti da se tijekom pomicanja i poza perje ne preklapa, tj. da ne ulazi jedno u drugo. Tehnike koje odgovaraju na sudare često nisu najstabilnije i postoji šansa da se naruši zamišljeni izgled repa kao jedne fleksibilne površine. Zato se umjesto smišljanja reakcija na sudare dolazi do

²Broj bi varirao od kadra do kadra.



Slika 3.7: Vodeće perje, *Pose space* i konačno perje

pristupa izbjegavanja sudara. Svako pero se deformira tako da se izbjegne sudaranje sa susjednim perom. Mjerimo udaljenost od zgloba svakog pera do njegovog susjeda. Kako se perje skuplja tako se tvori profilna krivulja kojom dobijemo skalarnu vrijednost. Ona se primjenjuje na širinu kako bi maknuli lukove s dijelova svakog pera. Tako smo očuvali željeni izgled. Još jedan dodatak za sprječavanje sudara je taj da su slojevi perja međusobno pomaknuti i odmaknuti.

4. Lanci [7]

U *Kung Fu Pandi 3* kao glavni antagonist pojavljuje se vol *Kai*. Za razliku od svog prethodnika, *Kai* je grublji u svom pristupu borbi i više se oslanja na fizičku snagu što ga inače ne bi činilo toliko posebnim. Međutim, kao svoje oružje izabrao je dva mača povezana lancima čije se duljine povećavaju i smanjuju po potrebi. Upravo kroz oružje projicira svoju snagu, postiže fleksibilnost, ali i veći doseg pošto u velikom broju scena mačevi "lete" daleko od njega. Razvilo se nekoliko alata kako bi se umjetnicima omogućilo i olakšalo upravljanje te slobodno navođenje lanaca kroz scene, a da zadrže svoja svojstva.



Slika 4.1: Kai sa svojim oružjem i lancima

Lanac je u svojoj cijelosti fleksibilan i mobilan, a na razini karike čvrst. Što znači da se došlo do sljedećih bitnih svojstava koja se moraju očuvati:

- Karike zadržavaju svojstvo metala; ne istežu se niti se savijaju. Smiju se samo rotirati i translirati.
- Alat koji će na krivulju primijeniti/postaviti lanac mora moći iz bilo kojeg izvora dobiti krivulju¹.

¹Može se čak raditi o simulaciji dlake.

- Alat mora moći raditi s krivuljama koje će biti interaktivno i ručno navođene kako bi se ostvarila umjetnička vizija

Kod alata naglasak je na lakom korištenju kako bi se postigao bolji umjetnički izražaj. To se pokušava postići tako da se korisnika što više izolira od velikog broja karika i dodirnih točaka. Dakle proces se apstrahira za korisnika, a konstrukcija se izvodi u pozadini u tri koraka.

Korisnik/umjetnik mora moći lagano postaviti i održavati dodirne točke gdje dolazi do infleksije lanca. Te točke nazivamo putne točke ili *waypoints*. Waypoints se mogu postaviti na površine kao što su koža ili tlo, ali i u slobodnom prostoru scene. Osim što waypointovima mogu zadati lokalni pomaci u lancu, može se zadati i radijalna komponenta što izbacuje krivulje iz pretpostavljenih cilindričnih oblika. To dovodi do toga da se lanci mogu omotavati oko različitih struktura ili dijelova tijela bez puno tehničkog namještanja.



Slika 4.2: Kai s omotanim lancima oko ruke

Korisnik mora moći odrediti točnu lokaciju kroz koju će prolaziti lanac. Ako želimo koristiti waypointove kao kontrolne točke za b-krivulje (poput NURBS) aproksimacijom obično ne dobijemo linearnu putanju, a posebice oko kontrolnih točaka. Dodatno, možemo izgubiti namjerno postavljene petlje. Druge metode imaju svoje probleme poput neravnomjernog raspoređivanja i nepotrebnih petlji ako su dvije kontrolne točke blizu ruba. Rješenje je na kraju uopće ne koristiti krivulje već funkcije na bazi realnih potencija. One uspijevaju proizvesti glatke i ravnomjerno raspoređene

krivulje kroz zadane točke čak iako se ne čini kao da je ostavljeno dovoljno mjesta. Kao dodatno i jako korisno svojstvo proizlaze čista i kontinuirana uvijanja.

Na kraj dodaju se karike s jednog kraja krivulje na drugi gdje svaka karika ima dubinu (pitch), smjer (yaw) i uvijanje (twist) u odnosu na prošlu kariku. Bez nekih posebnih ograničenja, svaka karika je uvijena za oko devedeset stupnjeva u odnosu na prošlu. S obzirom na to da su krajevi lanca obično ograničeni s lokacijom u prostoru, a ponekad i s potrebnim uvijanjem, potreban nam je program koji će automatski prilagoditi udaljenost i zakrivljenost svake karike u lancu kako bi se postigao željeni izgled. Dodatna funkcionalnost je i pamćenje prošlih stanja kako bi se očuvala stabilna stanja i kako se susjedni kadrovi ne bi previše razlikovali jedni od drugih.

5. Buduće krzno [4]

Iako je fokus ovog rada na *Kung Fu Panda* trilogiji, volio bih se osvrnuti i na budućnost s obzirom na to kako je za ožujak 2024. najavljen četvrti dio franšize. Puno toga se promijenilo od trećeg dijela koji je izašao 2016. godine, a ja bih htio posebno istaknuti novi sistem za simulaciju krzna *Skunk*. Razlog tome je taj kako vjerujem da će se ovaj sistem koristiti u novom dijelu zbog velikog broja krznenih likova.

Skunk je razvijen kao odgovor na prijašnji sustav za krzno koji je za baratanje tražio veliko znanje i puno vremena za postavljanje. Velika prednost je ta što za korištenje Skunka nije potrebno biti posebno obučeni umjetnik za krzno kao što je slučaj bio do sad. To ubrzava rad cijelog tima i dovodi do puno većeg eksperimentiranja zbog lakoće uporabe i izmjene.



Slika 5.1: Primjeri u kojima je korišten *Skunk*

Skunk koristi USD (Universal Scene Description) za identifikaciju svakog lika ili okoline koji sadrže podatke o krznu. Svaki od likova i okolina koji imaju te podatke smjeste se u zasebni folder jer je tako lakše za raditi izmjene nad njima; dodavanje ili micanje grupa krzna, deformacije i slično. Umjetnik sam određuje do koje razine će krzno biti detaljno, a zatim stavlja krivulje koje predstavljaju krzno na model. Sad možemo spremiti gibanje ili koliziju krzna kao vodiče za kretanje (motion guides). Motion guides ukazivat će na način kako bi se u potpunosti renderirano krzno trebalo ponašati.

Što se tiče samog gibanja krzna; sve kreće od odluke umjetnika o tome hoće li, koliko i od kuda puhati vjetar, s čime će se krzno ili lik sudariti ili s čime će biti u kontaktu. Umjetnik može postaviti takve uvjeta na globalnoj razini (tj. na razini scene) ili na detaljnijoj razini svakog lika ili okoline.



Slika 5.2: Prikaz scene i likova s podacima o krznu

Za dobivanje uniformno raspoređenog uzorka krzna primjenjuje se *FollicleSampler*, a nakon toga koristi se *FurAttach* koji pričvršćuje krzno na kožu ili neku drugu površinu. Umjetniku se sad daju na izbor još neki alati poput *FurCollide* za sudare s krznom, *CurveWind* za simuliranje vjetra s naletima, *CurveJiggle* za trešnju krzna. Alati mogu biti korišteni zajedno ili individualno. Svaki od alata se može zasebno nadograđivati i razvijati bez potrebe za mijenjanje drugih dijelova *Skunka*.

Što se tiče implementacije; *Skunk* je napravljen kao third party paket na bazi čvorova (node-based). Čvorovi su funkcije poput *FollicleSampler*, *FurAttach*, *FurCollide*, *CurveJiggle* i *CurveWind* koje su implementirane u C++-u i mogu raditi s više dretvi.

Skunk se intenzivno koristio u animiranim filmovima poput *How to Train Your Dragon: The Hidden World* i *Trolls* i nema sumnje kako će se nadograđivati i koristiti u daljnjim projektima.

6. Zaključak

DreamWorks je studio koji konstantno zapanjuje i čiji tim ulaže sav svoj trud i maštovitost u svaki novi projekt. Ne boje se noviteta već se prilagođavaju vremenu i tehnologiji. Svojim radom i napredcima potiču eksperimentiranje i olakšavaju rad umjetnicima kako bi na filmskom platnu prikazali svoju viziju. S razlogom su jedan od najboljih i najpoznatijih studia animacije.

Fokusom na filmove *Kung Fu Panda* nastojao sam prikazati koliki trud i inovativnost ulazi u pojedine aspekte projekta. Ovaj rad zagrebao je samo površinu silnog rada koji je uložen u svaki film, ali i u alate koji su se koristili i koriste u drugim filmovima. Mjesta za napretke uvijek ima i siguran sam kako animatori i tim tehnike konstantno rade na poboljšanju svojih alata i na zanimljivim rješenjima za unikatne probleme.

7. Literatura

- [1] Dreamworks research library. URL <https://research.dreamworks.com/research-library/>.
- [2] Andy Harbeck Ben Kwa Feng Xie, Wes Burian. Artistic rendering of feathers for animated films. U *SIGGRAPH 2011 Talks*, 2011. URL <https://research.dreamworks.com/wp-content/uploads/2018/07/67-xie-Edited.pdf>.
- [3] Lucia Modesto i Dick Walsh. Dreamworks animation's face system, a historical perspective: From antz and shrek to mr peabody & sherman. U *ACM SIGGRAPH 2014 Talks*, SIGGRAPH '14, New York, NY, USA, 2014. Association for Computing Machinery. ISBN 9781450329606. doi: 10.1145/2614106.2614131. URL <https://doi.org/10.1145/2614106.2614131>.
- [4] Arunachalam Somasundaram Nicholas Augello. Skunk: Dreamworks fur simulation system. U *SIGGRAPH 2019 Talks*, 2019. URL https://research.dreamworks.com/wp-content/uploads/2019/10/xtalk_skunk_abstract.pdf.
- [5] Sven Pohle, Michael Hutchinson, Brent Watkins, Dick Walsh, Stephen Candell, Frederick Nilsson, i Jason Reisig. Dreamworks animation facial motion and deformation system. U *Proceedings of the 2015 Symposium on Digital Production*, DigiPro '15, stranica 5–6, New York, NY, USA, 2015. Association for Computing Machinery. ISBN 9781450337182. doi: 10.1145/2791261.2791262. URL <https://doi.org/10.1145/2791261.2791262>.
- [6] Rob Vogt. Kung fu panda2: Rigging a peacock tail. U *SIGGRAPH 2011 Talks*, 2011. URL <https://research.dreamworks.com/wp-content/uploads/2018/07/54-vogt-Edited.pdf>.

- [7] Jason P. Weber. Rigid link chains in kung fu panda 3. U *ACM SIGGRAPH 2015 Talks*, SIGGRAPH '15, New York, NY, USA, 2015. Association for Computing Machinery. ISBN 9781450336369. doi: 10.1145/2775280.2792580. URL <https://doi.org/10.1145/2775280.2792580>.