

Koraki v digitalni animaciji: študija primera

Miha Marinko, Gorazd Gorup, Blaž Košir, as. Blaž Meden, prof. dr. Narvika Bovcon

Fakulteta za računalništvo in informatiko, Univerza v Ljubljani, Večna pot 113, 1000 Ljubljana

E-pošta: mm7523@student.uni-lj.si, gg6898@student.uni-lj.si, bk4686@student.uni-lj.si,

Narvika.Bovcon@fri.uni-lj.si, Blaz.Meden@fri.uni-lj.si

Abstract

In this paper we introduce our approach to making a digital animation. We present the whole process which consists of script writing, drawing storyboards, making 3d models, texturing, animating and rendering. We talk about our approach to each step, list the software and assets that were used and also describe our approach to dealing with large files and render optimization. We utilize the presented processes in creation of a short animated film.

1 Uvod

Digitalna animacija je vrsta umetnosti, ki je s tehničnega vidika zelo zanimiva, saj vključuje raznovrstne procese in orodja, ki so lahko zelo kompleksni. Zanimalo nas je, kakšna je pravzaprav težavnost izdelave animiranega filma in kakšne izzive predstavlja. Cilj našega projekta je bil izdelati kratki animirani film in odkriti postopke, potrebne za izdelavo animacij ter organizacijo dela.

2 Pregled področja

Digitalna animacija je proces računalniško generiranih animiranih slik. Sodobna digitalna animacija običajno uporablja računalniško grafiko. Računalniška animacija je v osnovi naslednik *stop-motion* tehnike animacije [2].

Kratki samostojni digitalni animirani filmi so se začeli že v poznih sedemdesetih letih, kmalu pa je bila računalniška grafika vključena tudi v celovečerne filme, kot je film *Tron*. Prvi film, v celoti narejen z računalniško grafiko, je bil *Toy Story* leta 1995, ki sta ga ustvarili filmski hiši Disney in Pixar. Digitalni animirani filmi danes predstavljajo velik del filmske industrije, elementi računalniške grafike pa se pojavijo v skoraj vsakem filmu.

Animirani filmi se večinoma izdelujejo v za to specializiranih filmskih studiih in filmskih hišah, ki navadno svojih postopkov in orodij ne delijo z javnostjo. Včasih produkcije objavijo posnetke in material za boljši vpogled v njihovo delo [5], vendar je ta vsebina omejena in izpušča ali poenostavlja nekatere stopnje razvoja animiranega filma.

Treba je omeniti tudi nestanovitnost ustvarjalnega procesa, ki se mora prilagajati potrebam ustvarjalcev. Na spletu in v strokovnem čitivu s tega področja je zato velikokrat mogoče najti le okvirne smernice za razvoj ani-

miranega filma, ki razen nekaterih podrobnosti izhajajo iz splošnih smernic za izdelavo filmskih vsebin. Iz teh razlogov in cene orodij, procesov in strojne opreme je ljubiteljsko izdelovanje animiranih filmov velik izziv.

Blender Foundation, leta 2002 ustanovljena fundacija, ki skrbi za razvoj odprto-kodnega 3D modelirnega in animacijskega orodja Blender, že od leta 2005 izdeluje kratke animirane filme, ki služijo kot tehnološke demonstracije in testi orodja Blender. Razvoj filmov je zlasti v zadnjem času zelo odprt, zato ima lahko kdorkoli vpogled v sam potek izdelave [6].

Leta 2019, po izidu kratkega animiranega filma *Spring*, je njegov režiser Andreas Goralczyk na konferenci *Blender Conference 2019* predstavil potek izdelave filma [3]. V predstavitvi je opisal korake izdelave animiranih filmov (snemalna knjiga, izdelava likov, animacija, osvetlitev ...), upravljanje s produkcijskimi viri, razporeditev datotek, organizacijo dela in sodelovanje ustvarjalcev iz več različnih stopenj razvoja. Čeprav se predstavitev osredotoča na produkcijo v orodju Blender, je vseeno dovolj splošna.

Na spletu se nahajajo tudi druge predstavitve produkcijskih postopkov za izdelavo animiranih filmov, ki so si po kakovosti zelo različni [4]. Obstajajo tudi tečaji in platforme, ki učijo izdelavo animiranih filmov [8].

3 Začetek projekta

Prva osnova za projekt je bila zgodba. Ker smo imeli omejen časovni razpon, smo si morali zastaviti nekaj omejitev. Prizorišč dogajanje naj bi bilo čim manj. Prav tako smo se odločili, da v filmu ne bo prisotnih ljudi, živali in kompleksnih struktur, ker bi to zahtevalo naprednejše znanje in časovno zahtevno modeliranje. Ker smo vseeno hoteli dinamično zgodbo in junake v filmu, smo se odločili, da bosta glavna junaka filma robota, poštarški robot (Poštarbot) in pometlač (Pometlač). Na tem mestu smo napisali več potencialnih zgodb, iz katerih smo izbrali tisto, ki je po našem mnenju imela primerno razmerje med izvedljivostjo in zanimivostjo. Paziti je bilo potrebno na dejanja in dogajanje v zgodbi, saj bi to lahko močno vplivalo na zahtevnost procesa animiranja.

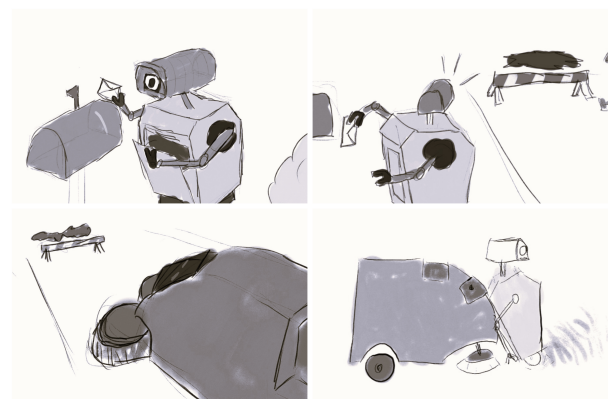
Iz izbrane zgodbe smo potem napisali scenarij za animacijo. Poleg scenarija smo naredili še pregled kadrov, kjer smo vsakemu določili opis, objekt v fokusu ter premik in nivo kamere. Kadrom smo določili pomembnost,

da bi lahko kasneje po potrebi izpustili manj pomembne.

4 Priprava konceptov

Z določenim seznamom kadrov in scenarijem smo lahko začeli z izdelovanjem konceptov. Narisali smo skice glavnih likov in izdelali preproste 3D modele. Na njihovi osnovi smo opredelili sklepe in njihove omejitve, kako se robota lahko premikata ter kako bosta izražala čustva. Na primer, ker Poštarbot v končni različici nima obraza, je bilo potrebno preostanek njegovega telesa načrtovati tako, da je lahko izražal čustva prek telesne mimike.

Sledila je izdelava snemalne knjige (slika 1) v programu *Storyboarder*. V njej smo predstavili vse kadre v obliki skic. Končni izdelek te faze je bila animacija s 55 slikami (ang. *frame*), ki naj bi predstavljala vse pomembne gibe v filmu.



Slika 1: Snemalna knjiga

Kasneje v projektu se je izkazalo, da se načrtovanju scenarija in konceptov nismo posvetili dovolj natančno, saj smo morali uvesti več sprememb. Sprva smo načrtovali kar 40 različnih kadrov, vendar smo zaradi časovnih omejitev zgodbno prestrukturirali in skrajšali na 20 kadrov.

5 Izdelava 3D modelov in tekstur

Večino 3D modelov smo izdelali sami v odprtokodnem orodju za 3D računalniško grafiko Blender. Začeli smo z modeliranjem osnovnih oblik, ki približno zajamejo silhueto robota, in na njih gradili podrobnosti. Po modeliranju je sledilo teksturiranje, ki je bilo najprej večinoma proceduralno (se pravi matematično generirano). Ko smo bili zadovoljni z osnovnimi teksturami, smo z barvanjem tekstur (ang. *texture painting*) dodali še znake obrabljenosti in umazanije, kar modele naredi bolj realistične.

Kot liku, ki je v fokusu večino animacije, smo robotu poštarju (Poštarbotu) (slika 2) posvetili največ pozornosti. Da je njegova vloga prepoznavna, ima na sprednjem delu narisano kuverto, njegova glava pa je v obliki ameriškega nabiralnika. Da bi bil robot bolj ekspresiven, smo ga naredili čim bolj podobnega človeku. Pri modeliranju smo se zgledovali po robotih iz animiranega filma *WALL-E* in po slikah nabiralnikov, kamer, robotov in drugih predmetov.

Pri oblikovanju robota Pometača (slika 3) smo iskali navdih predvsem pri čistilnih strojih za čiščenje velikih



Slika 2: Teksturirani 3D model poštarkega robota

površin in strojih za čiščenje cest. Na sprednji strani ima dve vrteči se metli, ki predstavita robotovo glavno nalogo. Spredaj ima zaslon s kvadrati, ki predstavljajo oči, s katerimi liku pripišemo osebnost.

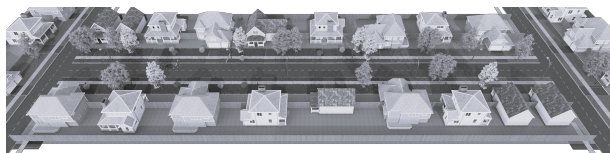


Slika 3: Teksturirani 3D model robota pometača

Scena predstavlja ulico v primestni soseki (slika 4). V sredini scene je cesta, ki se na obeh straneh rahlo dvigne v travnati pas s pločnikom, za njim pa so dvorišča in hiše. Hiše smo delno zmodelirali sami, nekatere pa smo prenesli iz spletne platforme *cgrader*. Materiale za hiše smo izdelali sami proceduralno in s pomočjo tekstur iz spletnih platform, kot sta *BlenderKit* in *AmbientCG*. Da smo se izognili dodajanju dodatnih detajlov v daljavi, smo med hišami dodali ograjo. Na travnatem pasu smo v naključnem vzorcu razporedili travo in dodali drevesa in grmovje. Modeli rastlin so bili pridobljeni iz brezplačnega paketa vegetacije *Mxmtree* [9]. Njihove materiale smo prilagodili tako, da se bolje ujemajo z ostalimi deli scene. Kot dodatne elemente smo izdelali še ulične svetilke in poštne nabiralnike. Zadnji korak je bil izdelava gradbišča in pripadajočih modelov, kot so prometni znak in stožci (slika 5).

6 Animiranje

Postopek animacije je bil sestavljen iz dveh faz – iz nameščanja okostij na 3D modele in iz animiranja samega.



Slika 4: Pogled na sceno od daleč



Slika 5: Scena z gradbiščem

6.1 Nameščanje okostij

V programu Blender in podobnih 3D orodjih je mogoče modele animirati kot celoto po položaju, rotaciji in velikosti ter nekaterih drugih lastnostih. Animiranje na tak način je preprosto, a se ne obnese, ko želimo model prilagajati na ravni posameznih oglišč in površin, ali pa ko želimo, da se deli modela premikajo odvisno od drugih delov.

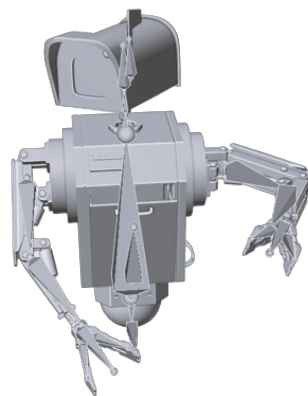
Zaradi tega smo uporabili okostja. Postopek nameščanja okostij (ang. *rigging*) je obsegal analizo 3D modela in njegovih delov, modeliranje sistema kosti in vezavo okostja na 3D model. Za potrebe projekta smo določili, da sta okostje potrebovala modela Poštarbota in Pometarča zaradi zahtevnejših premičnih delov, ki bi jih brez okostja težko animirali, ter modela pisma in deske zaradi interakcije z modelom Poštarbota.

Modelom smo določili premične dele, njihove načine premikanja (translacija, rotacija, ...) in njihova težišča premikov (ang. *origin*). Potem smo sestavili okostja s pomočjo Blenderjeve strukture *Armature* [7, *Armatures*]. Okostja smo opremili z ustreznimi funkcijami obnašanja (ang. *constraints*), ki so kostem določale razmerja in posebne omejitve gibanja. Nazadnje smo okostja povezali z modeli preko nanašanja vpliva (ang. *weight painting*) kosti na oglišča.

Model poštarbota je bil sestavljen iz 26 premičnih delov, zato je bila potrebna predhodna analiza modela. Roke so bile sestavljene iz ne-trivialnega mehanizma omejenih rotirajočih sklepov in premičnih batov. Okostje je vsebovalo dva sistema – krmilnega, s katerim upravljamo med animiranjem, in pomožnega, ki je skrbel za nadzor gibanja pod pokrovom. Pomožni sistem se je delil v gruče, ki jih je nadzirala posamezna kost iz krmilnega sistema (slika 6).

6.2 Animiranje kadrov

S pripravljenimi okostji smo se lahko lotili animiranja. Pri animiranju smo se zanašali na vizualizacije iz sne-



Slika 6: Poštarski robot s kostmi

malne knjige in opise iz pripravljenega pregleda kadrov. Zaradi časovnih omejitev in preprostosti nekaterih kadrov nismo delali igranih referenčnih posnetkov, čeprav je to uveljavljena praksa pri animiranju.

Za potrebe animiranja smo zaradi zahtevnosti scene uporabili preproste nadomestne kulise, kjer so bili prisotni le elementi, ki so bili za animiranje nujno potrebni. To so bili predmeti, ki smo jih animirali, in deli prizora, ki smo jih potrebovali za referenco (npr. tla in objekti, s katerimi so imeli animirani predmeti interakcijo).

Prvi korak animiranja je bila postavitev začetnega stanja prizora - začetnih položajev predmetov, kamere itn. Sledila je postavitev modelov v ključne poze (ang. *blocking*), ki naj bi jih vršili tekom prizora. V orodju Blender je to mogoče preko ključnih sličic (ang. *keyframes*), ki hranijo informacije o trenutnem stanju animiranih kosti ali lastnosti entitet. Dobili smo okvirni načrt gibanja, ki smo ga izboljšali v povezovalni (ang. *splining*) fazi. Da smo dosegli željeno gibanje, smo prilagodili časovno umestitev ključnih sličic in med njimi namesto privzete interpolacije napeljali krivulje, ki jih je mogoče nadzorovati s kontrolnimi točkami. S tem je gibanje postalo bolj tekoče in brez preskokov.

Včasih je bilo potrebno še dodatno usklajevanje premikov kamere in objektov v kadru ter režiranje interakcij med posameznimi predmeti (npr. Poštarbot in pismo), kjer smo uporabili funkcijo obnašanja *Child of* med kostema dveh okostij.

Pri animiranju je bilo treba upoštevati tudi predhodne in naslednje kadre zaradi pretoka gibanja in usmerjanja gledalčeve pozornosti, vse smernice dobre animacije (npr. 12 principov animacije [10]) in časovno omejitve samega procesa. Marsikje je bilo potrebno vpeljati bližnjice in tvegati nepravilnosti v končni animaciji. Tako večina kadrov ni nikoli dosegla še tretje, izpopolnjevalne (ang. *polishing*) faze animiranja, ki je za profesionalen izdelek zelo pomembna.

Nekaj težav je predstavljal tudi privzeti način rotacij kosti, ki se je med fazo animiranja še posebej izrazil. Blender podpira več načinov rotacije, privzeto uporablja rotacijo s kvaternioni, možne pa so še različne kombinacije Eulerjeve rotacije. Večina kosti je bila nastavljenih na kvaternionsko rotacijo, ki ima štiri animirane parametre.

tre. Zaradi narave kvaternionov je krivulje teh parametrov zelo težko prilagajati, ker zanje ni intuitivne podlage. Poleg tega je prihajalo do težav pri rotacijah, večjih od 360° , ker je program interpoliral gibanje po najkrajši poti. Rešitev je bila hipna menjava načina rotacije za posamezno kost, če smo težavo opazili dovolj zgodaj, oz. "na gosto" dodajanje ključnih sličic s popravljeno rotacijo (na nekaterih mestih je bila med začetkom rotacije in njenim koncem vsaka sličica ključna), kjer drugače ni šlo.

7 Optimizacija projektnih datotek

7.1 Optimizacija porabljenega video pomnilnika

Ena izmed glavnih omejitev osebnih računalnikov pri profesionalnih animiranih filmih je količina video pomnilnika oziroma VRAM-a na potrošniških grafičnih karticah. Žal je tudi naš projekt prišel do stopnje, kjer nam je to predstavljalo problem. Blender se je zrušil zaradi prevelike zasedenosti video pomnilnika.

Naša scena ima s travo poraščene zaplate, pri čemer je trava sestavljena iz posameznih travnih bilk in posledično vsebuje zelo veliko količino poligonov. To smo optimizirali z avtomatskim razporejanjem trave, tako da je gostota večja blizu kontrolne točke, z daljavo pa se manjša. Kontrolno točko smo postavili blizu kamere in tako je gostota trave tam velika, v daljavi, kjer se detajli ne opazijo, pa je redkejša.

Še en razlog za počasno delovanje so bile velike teksture na drevesih in travi, ki smo jih dobili iz drugih virov. Drevesa smo uporabljali predvsem kot elemente v ozadju, zato visoka ločljivost tekstur ni pomembna. Teksture smo zmanjšali z orodji iz zbirke Microsoft *PowerToys* in s tem porabo VRAM-a zmanjšali dovolj, da ni bilo več problemov z zmrzovanjem in zapiranjem Blenderja.

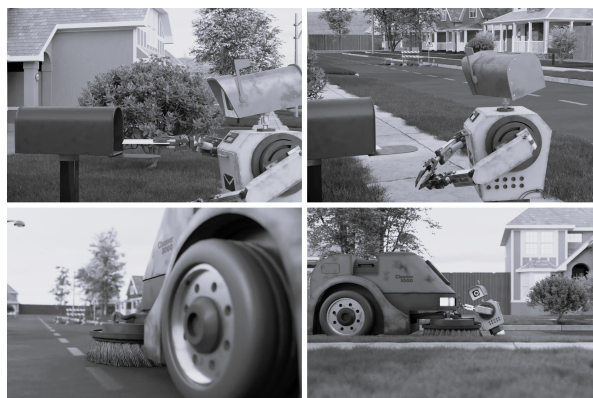
7.2 Optimizacija velikosti datotek

Ker smo na projektu istočasno delali trije na različnih lokacijah, smo uporabili sistem *Synology Drive* za skupno rabo datotek na strežniku. Naše projektne datoteke so postale velike (scena več kot 1GB) in posledično je vsako shranjevanje na strežnik vzelo veliko časa. Reševanja tega problema smo se lotili s povezavami med verigo datotek [7, Link & Append].

Vsak 3D model (npr. stavbe, drevesa, trava, prometni znaki itd.) smo shranili v svojo datoteko in ga potem s pomočjo povezave vstavili v sceno. Ker ustvarimo le referenco na osnovno datoteko, scena ostane manjša, dodaten plus pa je, da se ob spremembi osnovnega 3D modela ta posodobi v vseh datotekah, kjer je vstavljen kot povezava.

Da pri animaciji nismo imeli performančnih problemov, smo za vsak kader naredili novo datoteko, v kateri sta bila zgolj karakterja in osnovni deli scene, ki so potrebni za animacijo. Ko je bil kader pripravljen za izrisovanje (ang. *rendering*) smo ustvarili še eno novo datoteko, v katero smo povezali animirana karakterja, glavno sceno in po potrebi dodatne predmete. Na ta način smo se izognili dolgim časom nakladanja na strežnik, razen ko smo direktno spreminjali osnovne datoteke.

8 Rezultati



Slika 7: Izseki končne animacije

Rezultat našega dela je bila animacija dolga 2 minuti in 40 sekund dostopna na povezavi [1]. Na njej je več vidnih napak, ki bi se lahko popravile s ponovno revizijo vseh posameznih kadrov. Dokler animacija ni izrisana v večji ločljivosti in z več vzorci, je težko opaziti vse probleme, žal pa si zaradi časovnih in računalniških omejitev nismo mogli privoščiti več sprotih testnih stopenj. Če odštejemo te napake, animacijo izrišemo na višji kvaliteti in dodamo zvočne efekte, je po našem mnenju primerljiva z otroškimi risankami.

Literatura

- [1] Poštarbot in pometaç, <https://youtu.be/o20N9ik7-tY>
- [2] Computer animation. Dostopano: 18. junij 2022. Dostopno na: https://en.wikipedia.org/wiki/Computer_animation
- [3] Spring Production Pipeline. Dostopano: 18. junij 2022. Dostopno na: <https://studio.blender.org/training/pipeline-and-tools/spring-production-pipeline/>
- [4] Film Production Pipeline. Dostopano: 18. junij 2022. Dostopno na: <https://www.youtube.com/watch?v=kKZ1b1h1qiQ>
- [5] DreamWorks Animation Pipeline. Dostopano: 18. junij 2022. Dostopno na: <https://youtu.be/ru0tQRJ4qKs>
- [6] Blender History. Dostopano: 18. junij 2022. Dostopno na: <https://www.blender.org/about/history/>
- [7] Blender docs. Dostopano: 18. junij 2022. Dostopno na: <https://docs.blender.org/manual/en/latest/index.html>
- [8] CGCookie spletno mesto. Dostopano: 18. junij 2022. Dostopno na: <https://cgcookie.com/>
- [9] Maxtree. Dostopano: 18. junij 2022. Dostopno na: <https://maxtree.org/>
- [10] Understand Disney's 12 principles of animation. Dostopano 22. junij 2022. Dostopno na <https://www.creativebloq.com/advice/understand-the-12-principles-of-animation>