Testiranje mobilne aplikacije za izradu motion capture animacije

Topljak, Alan

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University North / Sveučilište Sjever**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:122:258623

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Repository / Repozitorij:

University North Digital Repository

Sveučilište Sjever

Završni rad br. 666/MM/2020

Testiranje mobilne aplikacije za izradu motion capture animacije

Alan Topljak, 2225/336

Varaždin, srpanj 2020. godine

Sveučilište Sjever

Odjel za Multimediju, oblikovanje i primjenu

Završni rad br. 666/MM/2020

Testiranje mobilne aplikacije za izradu motion capture animacije

Student

Alan Topljak, 2225/336

Mentor

doc.dr.sc. Andrija Bernik

Varaždin, srpanj 2020. godine

Sveučilište Sjever
Sveučilišni centar Varaždin
104. brigade 3, HR–42000 Varaždin

UNIVERSITY NORTH

Prijava završnog rada

Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

ODJEL Odjel za multimediju

STUDIJ preddiplomski stručni studij Multimedija, oblikovanje i primjena

PRISTUPNIK Alan Topljak | MATIČNI BROJ 2225/336

DATUM 30.12.2019. | KOLEGIJ Računalna animacija

NASLOV RADA Testiranje mobilne aplikacije za izradu motion capture animacije

NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU Testing the mobile application for creating motion capture animation

MENTOR doc.dr.sc. Andrija Bernik | ZVANJE Docent

ČLANOVI POVJERENSTVA

1. mr.sc. Dragan Matković, v.pred. - predsjednik
2. doc.art. Robert Geček - član
3. doc.dr.sc. Andrija Bernik - mentor
4. pred. Nikolina Bolčević Horvatić, dipl.ing. - zamjenski član
5.

Zadatak završnog rada

BROJ 666/MM/2020

OPIS

Motion capture jedna je od tehnika animacije. Zapravo je proces digitalnog snimanja kretnji ljudskih dijelova tijela ili drugih fizičkih objekata. Njegova primjena danas je sve veća, a najzastupljeniji je u industriji video igara i filmova. Osim što mu je primjena raznolika, očituje se i kao skupocjeni način izrade animacije, stoga ga posjeduju samo visoko budžetni timovi. Isprva će se u ovom radu predstaviti što je animacija i raznolikost tehnika animacija, potom će biti razrađena tehnika motion capture animacije, te u završnom dijelu testirat će se hvatanje ljudskog pokreta na različitim podlogama i sa različitim osvjetljenjima putem mobilne aplikacije za izradu motion capture-a.

U ovom radu je potrebno:
1. Osmisliti različite uvjete i podloge snimanja
2. Snimiti lik na prethodno osmišljenim i postavljenim uvjetima
3. Analizirati snimke na temelju pokreta lika

REPUBLIKA HRVATSKA SVEUČILIŠTE SJEVER KOPRIVNICA 5

ZADATAK URUČEN 24.06.2020. | POTPIS MENTORA Bernik

SVEUČILIŠTE SJEVER

V2 KC

MMI

Predgovor

Ovaj završni rad služi kao odraz znanja i kompetencija koje sam tijekom preddiplomskog studija naučio i usvojio. Temu završnoga rada odabrao sam za vrijeme pohađanja kolegija Računalna animacija. Izabrao sam upravo ovu temu zbog njezine zanimljivosti i korisnosti u svijetu tehnologije, točnije animacije.

Veliku zahvalnost iskazao bih svom mentoru doc.dr.sc. Andriji Berniku koji mi je svojim savjetima uvelike olakšao izradu završnog rada te uložio svoje strpljenje i vrijeme na moje ideje i pitanja. Zahvaljujem se profesorima koji su nam prenosili svoja znanja i iskustva iz kojih sam mnogo naučio.

Također, posebno bi se zahvalio svojoj obitelji što su me poticali na rad, bili podrška i pomoć kod usmjeravanja na pravi put.

Najveću zahvalnost posvećujem svojim roditeljima koji su mi bili podrška kroz cijeli moj život, te koji su stajali uz mene u teškim i sretnim trenucima. Sav moj uspjeh i postignuća, da nije bilo njih, ne bi bila moguća.

Od srca hvala svima!

Sažetak

Izrada animacije može biti dugotrajan i mukotrpan proces. Također postoji velik broj podtipova koji se razlikuju po primjeni i izradi iste. Zbog obujma njezinih osobina i tipova primjene, ali s druge strane i razvoja tehnologije, razvio se podtip animacije nazvan hvatanje pokreta (engl. Motion capture). Unatoč brojnim tehnikama, ovakav način izrade animacije pokazao se kao najrealističniji.

Budući da daje realne snimke te hvata kretnje objekata, dosta je skupocjena tehnika. Obzirom na prethodno spomenuto, tvrtka „Radical“ odlučila je proizvesti ekonomski manje zahtjevnu aplikaciju kojom se na jednostavan način i bez puno popratnih elemenata može izraditi ovakva vrsta animacije.

Isprva će se ovim radom obrazložiti i navesti tehnike animacije i njihova primjena. Nadalje, tematika istog će se bazirati na samoj tehnici hvatanja pokreta i njenim osobitostima. Za kraj će biti prezentirana i obrazložena različitost između snimaka nastalih u mobilnoj aplikaciji u različitim uvjetima i okruženjima. Također bit će objašnjen princip funkcionalnosti aplikacije te će rad u kratkim crtama sadržavati informacije i obrazloženja o korištenim tipovima rasvjete i podloge.

Tehnika hvatanja pokreta je relativno mlada tehnika u odnosu na druge stoga je njena primjena i dalje djelomična nepoznanica u ljudskoj populaciji. Slijedno tome, ovakvim novitetom na tržištu kao što je aplikacija RADiCAL i njenom funkcijom hvatanja pokreta, trebala bi postati bliža i pristupačnija ljudima, kao i zanimljiva te poučna.

Ključne riječi: animacija, 3D model, hvatanje pokreta, mobilna aplikacija, RADiCAL

Summary

Animation can be a difficult and a long-lasting process. There are also a large number of subtypes that differ in their application and construction. Due to the volume of its characteristics and types of application, but on the other hand, the development of technology, a subtype of animation called capturing movements has developed. Despite numerous techniques, this kind of animation production proved to be the most realistic.

Since it gives real footage and catches the movement of objects, it is a very valuable technique. In view of the above mentioned, the company “Radical” has decided to produce an economically less demanding application that can produce this type of animation easily and without additional supporting elements.

In the beginning of my work, the animation techniques and their application will be explained and specified. Furthermore, the theme will be based on the technique of capturing movements and its particularity itself. In the end, the differences between the images created in the mobile application in different conditions and environments will also be presented and clarified. The principle of application functionality will also be shown.in my thesis which will contain information and explanations about the types of lighting and substrates used, too.

The technique of capturing movements is a relatively young technique compared to others so its application is still partly unknown in the human population. Consequently, with this novelty in the market, such as the radical application and its function to catch movements, it should become closer and more accessible to people, as well as interesting and educational.

Keywords: animation, 3D model, motion capture, mobile application, RADiCAL

Popis korištenih kratica

Mocap	Hvatanje pokreta (engl. motion capture)
2D	Dvodimenzionalan (engl. two-dimensional)
3D	Trodimenzionalan (engl. three-dimensional)
CGI	Računalno generirana slika (engl. computer-generated imagery)
IR	Infracrveno (engl. infrared)

Sadržaj

1. Uvod 1
2. Animacija 3
   2.1. Povijest animacije 3
   2.2. Tipovi animacije 9
      2.2.1. Tradicionalna animacija 10
      2.2.2. Stop animacija 13
      2.2.3. Računalna animacija 15
      2.2.3.1. 2D računalna animacija 15
      2.2.3.2. 3D računalna animacija 16
3. Motion capture 20
   3.1. Sustavi mo-cap tehnike 25
      3.1.1. Optički sustavi 25
      3.1.2. Magnetski sustavi 28
      3.1.3. Mehanički sustavi 29
      3.1.4. Inercijski sustavi 30
4. Praktični dio 32
   4.1. RADiCAL 32
   4.2. Testiranje 33
5. Zaključak 40
6. Literatura 41
7. Popis slika 43
8. Prilozi 46

1. Uvod

Evolucija čovječanstva dovela je do mnogobrojnih otkrića i napredaka u svim granama života i ljudskim djelatnostima. Samim time dovela je i do razvoja različitih oblika animacije. Od začetaka stvaranja animiranih slika na zidovima pećina u doba pračovjeka pa sve do danas, animacija je postala kompleksna tehnika stvaranja pokretnih slika. Unatoč tome, u današnjem vremenu, individui u pomoć priskače dovoljno razvijena tehnologija koja, osim što omogućava izradu animacije, čini je bržom, jednostavnijom i kvalitetnijom.

Unatoč tome što ona ne posjeduje točnu stručnu definiciju mnogi su je pokušali izvesti kroz neke njene osobitosti i principe koje izlaže. Neki od njih su John Halas i Roger Manvell koji u svojoj knjizi „*The Technique of Film Animation*“ objašnjavaju riječ animacija sljedećim riječima: „*Sve što se miče – animirano je*“. No s druge strane Raymond Spottiswoode pokušava animaciju detaljnije opisati sljedećim: „*Animacija znači snimanje sličicu po sličicu*“.[1] Iako se njihove teze vežu isključivo na područje filmske animacije one se uglavnom mogu primijeniti i na sve ostale oblike iste. Stoga, bez obzira što se u današnjoj izvedbi izrade animacije ne izrađuje sličica po sličica, taj princip možemo zamijeniti u fazi renderiranja animacije gdje se mora stvoriti svaka slika određene sekvence. Renderiranje je finalna faza kreiranja računalne animacije, dok preostale faze čine redom: ugrubo planiranje i skiciranje, stvaranje 3D modela i vizualno dotjerivanje istog, izrada kostura, postavljanje osvjetljenja, izrada animacije.[2][3]

Kako bi se olakšala faza stvaranja pokreta, točnije animacije, stvorena je podtehnika animacije koja se naziva tehnika hvatanja pokreta (engl. motion capture). Njome se uz pomoć određenih specijaliziranih kamera hvataju pokreti subjekta koji stvara kretnje, te se tako postupno stvara animacija, koja se u postprodukciji, prije faze renderiranja, dodatno uređuje, ukoliko je potrebno, i primjenjuje na virtualni kostur, odnosno na 3D model. Animacija koja se dobiva iz ove tehnike, nastaje brže te je kvalitetnija od animacije koju pojedinac mora stvarati minimalnim pomacima dijelova 2D ili 3D modela. Iako nastaje brže i kvalitetnija je nego obična animacija, ova tehnika ima također nekoliko bitnih nedostataka poput nedostatka specijalne opreme, prostora u kojem nastaje, subjekta koji simulira kretnje te na kraju krajeva je skupocjena tehnika. Ona iziskuje specijalnu opremu poput infracrvenih (engl. infrared, IR) kamera, raznih studijskih svjetala, računalnu jedinicu dovoljno velikih performansi i dr. Koliko god ova tehnika olakšava posao izrade animacije, toliko stvara drugih problema oko iste.

Stoga je, kao predmet ovih nedostataka, tvrtka RADiCAL odlučila izraditi mobilnu aplikaciju koja sadržava temelje tehnike hvatanja pokreta. Njome se bez obzira na pozadinu hvata pokret ili kretnja te se bilježi i kasnije stvara animacija koja vjerno prikazuje kretnje subjekta. No, kako i drugi sustavi, tako i ovaj ima određene nedostatke u kreiranju animacije. Obzirom na prethodno spomenuto, ovaj rad će se temeljiti na provjeri i detektiranju nedostataka pri kreiranju animacije, kao i na zaključivanju o najoptimalnijoj izradi animacije u aplikaciji. Cilj rada je objasniti što se krije iza riječi animacija i mo-cap, no isto tako približiti aplikaciju i dati kritičko stajalište o njezinim vrijednostima i sposobnostima stvaranja pokreta putem snimanja i bilježenja kretnji subjekta.

Struktura rada bazirat će se na nekoliko cjelina u kojima će se isprva pojasniti što je zapravo animacija i koje tehnike animacije postoje, ali i gdje se sve primjenjuju. Nakon toga detaljnije će se obraditi glavna tema završnog rada, a to je tehnika hvatanja pokreta. U tom poglavlju proći će se kroz razne načine stvaranja spomenute tehnike, koje su njene podtehnike i kako je ona doprinijela raznim područjima ljudskog djelovanja. Slijedno tome u kratkim crtama rad će sadržavati informacije o studijskim svjetlima i načine na koje se ona koriste. Na kraju rada, bit će razrađen praktičan dio završnog rada koji će prikazivati fotografije snimljenih animacija, točnije na koji način i sa kojim scenskim pristupom su nastale ispravnosti ili neispravnosti pokreta. Rad će za kraj sadržavati zaključak i kritički osvrt o poznatim činjenicama i vrijednostima praktičnog rada. U radu će se nastojati svaku poznatu činjenicu potkrijepiti tvrdnjama iz raznih obrazovnih, stručnih i knjižnih referenci koje se mogu naći u knjižnicama i na internetu.

2. Animacija

Riječ animacija dolazi iz latinskog jezika, a može se izvesti kroz nekoliko varijanti riječi koje imaju isti korijen. Svaka od njih pojašnjava tvrdnju animacije poput „animare“, „animus“, „animatio“. Jedan od primjera je i riječ „anima“ koja predstavlja živuću silu, točnije dušu u svakom biću. Prema tome, animirati znači dati život i puninu nekom statičnom, nepokretnom objektu.[1][4] Animacija zapravo nastaje spajanjem više statičnih slika spojenih u jednu sekvencu gdje se prividno stvara pokret.[4] Iako ASIFA odnosno Međunarodna asocijacija animiranog filma nalaže kako se pod animaciju ne ubraja metoda animiranog filma, animacija sama po sebi danas poprima mnoga značenja i kontekste koji više ili manje odstupaju od njene biti.[5]

Obzirom da je njena bit pridodati živost neživim objektima, ona se u prošlosti mnogim stručnjacima činila „negacijom realistične teorije“ te su je uvelike odbijali prihvatiti kao dio filmskog medija.[4] Zapravo, ona u punini varijabilnih definicija je većinski dio filmske industrije, a osim toga njeno ime pridajemo i varijantama različitih pokreta objekata i njegovih efekata na računalu s ciljem isticanja te zabavljanja korisnika.[5] Sve je to nastalo posljedicom razvijanja i unaprjeđivanja tehnologije kao i promjenama i nastancima novih baza različitih vrsta animacija. No u globalu, svakim primjerom može se reći da određeni element dobiva na važnosti čime se potvrđuje korijen, točnije objašnjene riječi animacija s početka odjeljka.

Zbog evolucije raznolikih definicija i objašnjenja, animacija ima široku primjenu u mnogobrojnim granama ljudske djelatnosti. Najčešće je se može pronaći u filmskoj industriji i industriji videoigara, ali i u različitim sustavima na računalu i mobilnom telefonu, prometu, vojsci, medicini itd. Gledajući evolucijski proces i široku primjenu animacije može se reći kako je od prvih začetaka do danas animacija uvelike napredovala te je postala sastavni dio stvarnosti.

2.1. Povijest animacije

U odnosu na druge, animacija je mlada grana koja se uveliko počinje razvijati u prošlom stoljeću odnosno paralelno s razvojem računalne grafike i same tehnologije. Prvi počeci i primjeri kreiranja „animacije“ stvarali su se još u kamenom dobu gdje su se najčešće pokušavale prikazati kretnje životinja na zidovima spilja. U tim slučajevima, životinje, točnije crteži, sadržavali bi više pari nogu koje bi bile prikazane u različitim položajima odnosno stupnjevima nagiba.[6][7] Samim time može se zaključiti da su ljudi već tada težili prikazivanju onoga što vide, a isto tako i smišljanju načina na koji bi to mogli prezentirati.



Slika 2.1 Špiljski crtež prikazivanja kretnje

Također, u staroj grčkoj, Egiptu i drugim starim kulturama postojali su razni artefakti kojima se pokušavalo približiti animaciju ljudima. Oslikavale bi se posude sa elementima različitih likova u radu i kretnji te bi se posude okretale kako bi se stvorio prividan doživljaj pokreta. Takvi primjeri prikazivanja animacija nažalost bili su sadržajno i prostorno ograničeni. Samo je manja skupina ljudi mogla vidjeti takve prizore. Iako su bili zanimljivi, glavni nedostatak bio je njihova vremenska ograničenost trajanja pokreta. Bez obzira na to što spomenuti primjeri iz ranije prošlosti ne odgovaraju današnjim metodama animacije, na neki način ih možemo smatrati prvim primjerima prikazivanja kretnje.

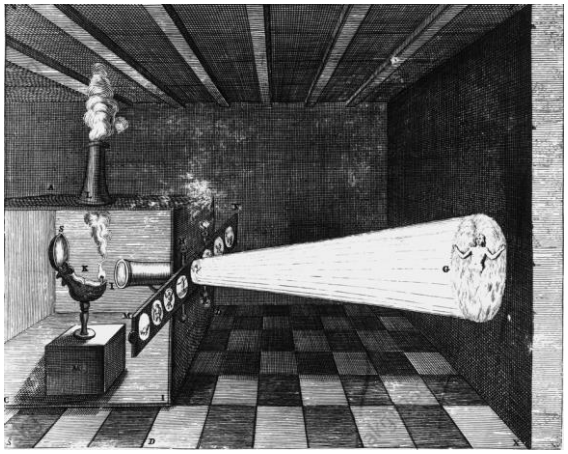


Slika 2.2 Shahr-e Sukhteh

Kako bi se daljnji tijek evolucije animacije mogao protumačiti, bitno je razumjeti način predodžbe pokreta u oku. Stoga, kada bismo uzeli sekundu nekog pokreta i razlomili ga na manje nepomične faze i te sličice ponovno spojili te ih odvrtjeli u cjelini ispred oka gledatelja, on bi zbog nesavršenosti oka vidio pokret, a ne statične slike. Razlog tome je to što oko, točnije mrežnica, pojedinu fazu malo dulje zapaža u odnosu na njeno stvarno trajanje. Ova pojava odnosno efekt naziva se stroboskopski efekt. [1][4] Unatoč tome što Plateau započinje svoja istraživanja tek

1826. godine, a do postavljanja stroboskopskog zakona dolazi tek 1836., neki od animatora su prikazivali animaciju i bez tog saznanja.

Tijekom 17. stoljeća, Athonasius Kircher pokušava i uspijeva projicirati animaciju na zid putem sprave laterne magice.[1][4][40] Princip izrade bazirao se na crtežima figura na staklu u ključnim pozama koje su se kasnije umetale u projektor i tako projicirale na zidu. Uređaj je imao jednu ili više leća kao i dovod svijetla putem kojeg bi mogao fotografije s transparentnih stakala reproducirati na zid. S ciljem stvaranja kretnje i realiziranja ondašnje animacije, Kircher se poslužio žicama koje su bile pričvršćene za stakla te je tako njihovim povlačenjem i istodobno pomakom stakala dobivao animaciju.[8]



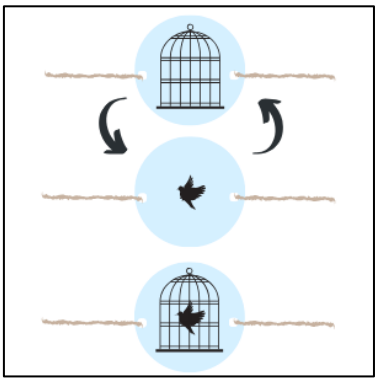
Slika 2.3 Princip rada laterne magice

Iako su, može se reći, baze animacije bile postavljene, ključna prekretnica za razvoj animacije bilježi se tek u 19. stoljeću kada se stvaraju prve igračke sa reprodukcijom pokreta. Isprva David Brewster konstruira „kaleidoskop“ – „*cijev koja pomoću sistema malih zrcala omogućava beskonačno kompozicijsko variranje šarenih komadića stakla*.“[1]



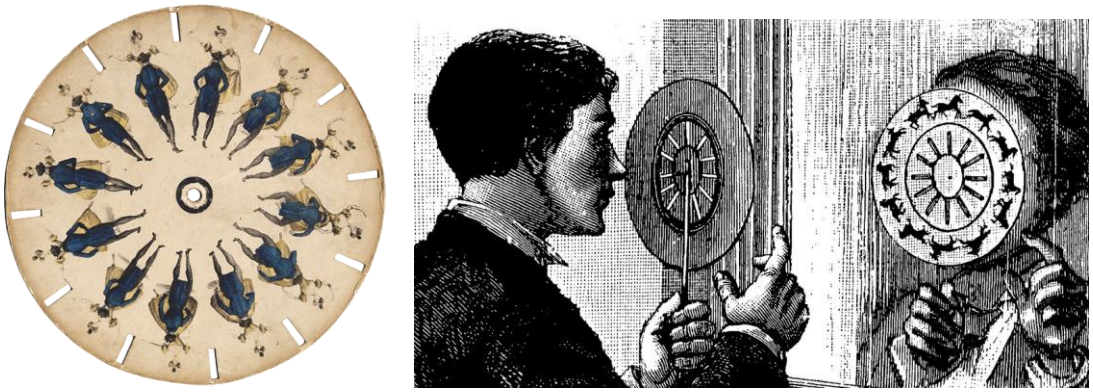
Slika 2.4 Kaleidoskop (lijevo) i prikaz funkcionalnosti uređaja (desno)

Nakon toga nastaje „Taumatrop“ kojeg je izumio John Ayrton Parisa. On je uzeo komad kartona i dvije vrpce. Na jednoj strani kartona nacrtao jedan element, a na drugoj drugi te je zavrtio karton pomoću vrpci.[40] Zbog stroboskopskog zakona i brzog izmjenjivanja sličica, ljudsko oko stvara dojam pokreta. Jedan od primjera je prikaz ptice i krletke, čime bi se kao rezultat dobila pojava da je ptica unutar krletke, iako su zapravo elementi na stranicama kartona bili odvojeni. [1][7]



Slika 2.5 Taumatrop

Plateau, nakon 3 godine istraživanja percepcije stvaranja animacije na mrežnici oka, konstruira uređaj kojeg naziva fenakistiskop. Do istog otkrića dolazi i Simon von Stamfer koji svoj uređaj naziva stroboskop. To su naprave koje se sastoje od diska koji sadrži 12 sličica pokreta te između svake sličice nalazi se izrez kroz kojeg se gleda animacija. Kako bi se pokret prikazao, nije dovoljno samo zavrtjeti disk već je potrebno staviti ga pred ogledalo i animacija će se pokrenuti.[1][7][40]



Slika 2.6 Primjer diska sa 12 sličica (lijevo) i princip vizualizacije kretnje (desno)

1834. u Sjedinjenim Američkim državama pojavio se tzv. *The wheel of life* točnije zoetrop kojeg konstruira na bazi fenakistoskopa William George Horner.[1][9][40] On se sastojao od papirnate trake na kojoj su se nalazili crteži određene animacije odnosno kretnje. Vrpca se stavljala na pokretni cilindar, koji se zavrtio, a promatrač je pomoću malih proreza za gledanje mogao vidjeti određenu radnju koja je bila nacrtana na papirnatoj vrpci.[1][7]



Slika 2.7 Zoetrop

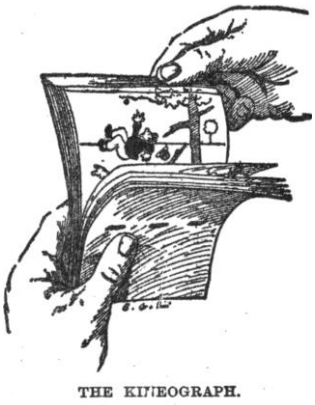
Jedan od ključnih principa prikazivanja animacije bio je i praksinoskop koji je bio sličan zoetropu. Njega je konstruirao Emile Reynaud gdje je na postojeći zootrop postavio unutarnji središnji cilindar koji je sadržavao zrcala preko kojih se mogla lakše projicirati animacija. Kao i zootrop, morao se zavrtjeti te se tako stvarala animacija na statičnim staklima.[7] 1880. Reynaud ide stepenicu više kreiranjem teatar-praksinoskopa, kojim je mogao prikazivati određene sekvence animacije na većoj površini i za veći broj ljudi.[1][40]



Slika 2.8 Praksinoskop (lijevo) i teatar-praksinoskop (desno)

U međuvremenu dolazi do pojave flip-booka ili kako se još nazivao kineograf (engl. kineograph). Njime se animacija vršila uz pomoć više crteža nacrtanih s jedne strane papira sabranih u jedna blok. Svaki od crteža imao je elemente animacije odnosno kretnje koja se htjela prikazati. Animacija se prikazivala brzim pomicanjem papira, gdje se jednom rukom držao blok, a drugom se pomicali listovi bloka. Takva vrsta animacije uvelike je pomogla i olakšala posao animatorima, redateljima i drugim osobama koje su se bavile animacijom i filmom jer su na

donekle brz i jednostavan način mogli stvoriti animaciju, ali isto tako motivirati i stvoriti ideju. [4][7][9][40]



Slika 2.9 Kineograf

Bez obzira na to što su ovo, moglo bi se reći, prastari oblici stvaranja animacije i pokreta, što ih se prema nekim znanstvenicima ne smatra umjetnošću te ih se danas rijetko nalazi u praksi, većina njih je već muzejski eksponat. Može ih se smatrati bazom tj. polazištem za stvaranjem i primjenom animacije kakvu danas poznajemo. Evolucijski slijed animacije omogućio je da se animacija postupno razvije u bitnu komponentu suvremenog života, najznačajnije filmske i računalne industrije.

Prvi film s animiranim crtežima koji je bio možda preteča i svim ostalim animiranim filmovima je Blacktonov film, „*Humorous phases of funny faces*“.[4][40] Jedna od baza je također i animacija McCaya, „*Gertie the dinosaur*“ kojom se proslavio zbog uživo prikazane animacije. Zapravo je pomiješao animaciju i stvarnost te je tako u svom nastupu naređivao Gertie što da radi, te stvorio određenu interakciju između stvarnosti i imaginarnog svijeta. Publika je ostala pozitivno iznenađena, a njegova animacija smatrana je prvom karakternom animacijom.[40] McCay je također izradio i animaciju nazvanu „*The sinking od the Lusitania*“ koja je poznata zbog toga jer je sadržavala 25 000 crteža te dvije godine rada što do tada nitko nije napravio. Istoimeni film smatra se okidačem za ulazak SAD-a u Prvi svjetski rat. Spomenuta animacija bilježila je katastrofu potapanja broda Lusitanie, zapravo američkog broda koji je torpediran od strane Nijemaca.[1][4][5]

Zatim je započelo doba dužih animacija i animiranih filmova, a jedan od značajnijih je „*Felix the cat“* koji je svojom zabavljačkom stranom pridobio svjetsku publiku te postao bitna karika u dobu bezzvučnog filma u ovom slučaju animiranog filma.[1][4][6][40] Nakon toga u područje animacije stupa Walt Disney koji odskače iz grupe te stvara bitan napredak u području animiranog filma i animacije. Može se reći da postaje prekretnica područja animiranog filma i animacije. Uvelike je utjecao na razvoj animacije animiranjem i pridavanjem psihičkih karakteristika

likovima s kojima su se ljudi mogli poistovjetiti. Za početak je pridodao sinkronizaciju zvuka sa slikom, odnosno animacijom te se isprva proslavio Mickey Mouseom u animiranom filmu „*Steamboat Willie"*.[6][7] Nakon toga Disney je kreirao prvi animirani film u boji koji se zvao „*Flowers and trees",* a „*Three little pigs"* i „*Snow White and the seven dwarfs"* predstavljaju odskočnu dasku za samog Disneya, ali i njegove animirane filmove.[1][4][40]

Zatim, dolazi do pojave i razvoja televizije, računala, komponenti za snimanje koje sa sobom donosi i razvoj animacije. U samu granu animacije dolaze mnoge mogućnosti koje se koriste i dan danas, a kojima se stvaraju brojna zanimljiva dijela animacije i animiranog filma. Animacija je danas dostupna svima koji se interesiraju za istu te postoje mnogobrojni alati i tehnike kojima možemo prikazati svoje kreativno stvaralaštvo. Osim toga, razvoju i stvaranju pridružuju se već sada mnogobrojni timovi koji su angažirani u područjima filmova i videoigara, čime proširuju i nadograđuju animaciju te olakšavaju njenu uporabu.[10][11]

2.2. Tipovi animacije

Kada govorimo o animaciji i njezinoj podjeli, ta lista može biti jako duga. Razlog tome je to što svaka individua, bila ona profesionalni animator ili običan laik kojeg zanima animacija i želi se njome baviti, stvara određenu vrstu umjetnosti koja se više ili manje razlikuje od drugih umjetničkih djela odnosno animacija. Iako mnogi vole dijeliti animaciju na neke podvrste odnosno žanrove, može se reći da je ekvivalentno kao da govore koliko tipova umjetničkih slika postoji u svijetu. Svaka animacija može biti izrađena na način da sadrži više žanrova animacije. Samim time stvara se krivi dojam i zavrzlama oko podjele animacije. Stoga nije ju moguće dijeliti na tipove, već bi se, kako bi se olakšalo razumijevanje i shvatila bit, mogla podijeliti na medije pomoću kojih se ista može reproducirati.

Munitić u svojoj knjizi *Estetika animacije,* koja je većinski bazirana na animaciji kao dio filma, spominje kako je „*animaciju nemoguće primijeniti isključivo na film*" i da s druge strane postoji „*niz samosvojnih animacijskih područja koja ovisno o medijskim svojstvima, sadrže mogućnost uže ili šire stvaralačke primjene*." Stoga animaciju dijeli na 4 globalne podijele te napominje kako je filmska animacija nešto sasvim drugo. Filmska animacija korespondira između vrsti te ju je stoga teško smjestiti u neku od njih. [1]

Manualna animacija pokreće određeni crtež ili element pred našim očima uz pomoć najjednostavnijeg fizičkog i optičkog zahvata. U nju ubraja naprave poput kaleidoskopa, thumatropa, kineografa koje su spomenute i objašnjene u prethodnom poglavlju. Također, u ovu podjelu spadaju i manualne lutkarske animacije.

Mehaničku animaciju simbolizira igračka pokretana navijanjem opruge. Zapravo se kod ove tehnike primjenjuje mehanička energija na određeni objekt, koja se nadalje pretvara u kinetičku, točnije pokret.

Tehnička animacija zapravo na neki način šire opisuje mehaničku samo što se kod nje primjenjuje određeni tehnički element poput elektromotora te strujni izvor. Također u nju spadaju i oblici animacije upravljani svjetlosnim izvorima npr. razne luminozne slike i izložbeni primjerci u galerijama i muzejima, animacije prikazane na ulicama metropola, animacije sa izmjeničnim paljenjem i gašenjem određenog svjetla u svrhu dobivanja željenog prikaza i dr.

Zadnja podjela koju spominje je Kibernetička animacija. Njome se ostvaruje „*superiorniji model pokretanja"*. Najbitniji primjer je računalna animacija gdje se pokret ostvaraje posredstvom programiranih sklopova računala i načina da isti obavljaju zadane funkcije.

Animaciju mnogi dijele na tzv. tehnike animacije gdje pod tehnikama smatraju tradicionalnu, 2D, 3D animaciju, stop motion i motion graphic animaciju. Iako tehnika i nije relevantna riječ za podjelu, radi lakšeg daljnjeg opisa animacije i njene podjele koristit ću se njome.

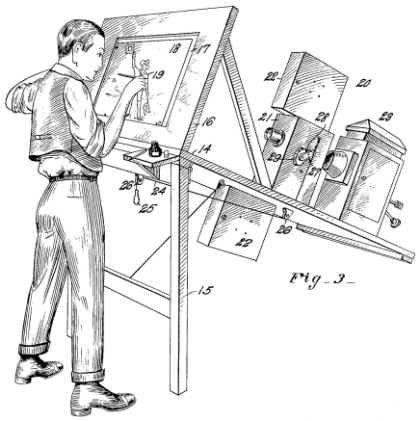
2.2.1. Tradicionalna animacija

Tradicionalna animacija je postupak stvaranja animiranih filmova gdje se koristi niz fotografija ili ručno izrađenih crteža. Svaki crtež ili fotografija razlikuje se od prethodnog po određenim karakterističnim pomacima ekstremiteta ili dijelova nekog predmeta, a sve s ciljem prikazivanja pokreta. Stoga, gledamo li animirani film ili neki primjerak izrađen ovom tehnikom, zapravo gledamo brzu izmjenu tih crteža ili fotografija, a u našem oku, zbog njegove tromosti stvara nam se iluzija pokreta.

Crtači su obično isprva nacrtali slike koje su kasnije prenosili na celuloidne trake odnosno folije koje su se naknadno uređivale, a potom snimale putem specijaliziranih kamera.[9] Jedan od primjera je trik stol koji je sadržavao kameru za fotografiranje celuloidnih folija, a kamera se mogla spuštati i podizati. Zbog dodatnih mogućnosti trik stola i tračnica s klinovima, na koje su se stavljale folije, mogli su se ostvariti određeni efekti i tehničke mogućnosti kamere dotad ostvareni samo u filmskim kamerama.[12] Takva tehnika animacije obilježila je 20.st, no razvitkom tehnologije i napretkom računalne animacije, njena primjena se svela na minimum. Crteži koji su se nekada crtali svaki zasebno, danas se zbog računala skeniraju ili crtaju izravno u računalnim programima te se u istima animiraju.

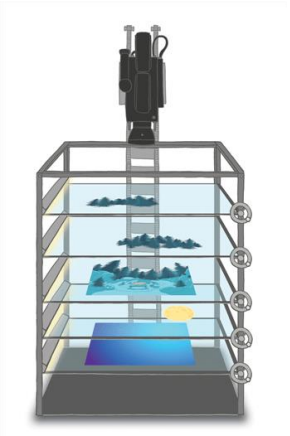
Iako je tradicionalna tehnika relativno stara tehnika stvaranja, ona je doprinijela razvitku animacije, širenju svijesti, no i eksperimentiranju i isprobavanju raznih načina animiranja, kao i razvoju vlastitih sustava. Rotoskop braće Fleisher je jedan od primjera unapređivanja animacije.

Njime su se mogle kombinirati živo snimljene slike i animirani crteži, točnije animator je bio u mogućnosti kopirati svaku fazu pokreta iz prirode na svoj lik.[1][4][5][6] Samim time kretnje lika bile bi prirodnije, a to bi opet doprinijelo boljoj gledanosti.



Slika 2.10 Princip izrade animacije pomoću rotoskopa

Vrijedi spomenuti i Disneya točnije njegov tim koji svojom multiplan kamerom konkurira braći Fleischer. Multiplan kamera je kamera koja je omogućavala zapisivanje crteža u više slojeva. Omogućavala je animatorima da svaku sličicu odnosno sekvencu animacije razdijele na više slojeva koji bi sadržavali segmente te sličice. Animatori ne bi trebali crtati svaku scenu zasebno već bi mogli koristiti slojeve gdje bi statični elementi bili konstantni, a pokretni dijelovi bi se izmjenjivali.[13] Svaka od tih revolucionarnih primjena dovela je do začetka nove ere i nekog novog načina stvaranja stoga su i stvorene podvrste tradicionalne animacije.



Slika 2.11 Izgled multiplan kamere

Jedna od podvrsta je potpuna animacija gdje se tijekom izrade animiranih filmova posebna pažnja pridaje detaljima na crtežima kao i prema samoj kretnji odnosno pokretu.[6] Svaki od tih pokreta je uvjerljiviji i realniji u odnosu na preostale podvrste.



Slika 2.12 Potpuna animacija (Ljepotica i zvijer)

Nadalje slijedi djelomična animacija. Ona se ne odlikuje toliko detaljnom i dobro razrađenom crtačkom osobinom, već je fokus na posebnom umjetničkom izričaju. Kao jedan od glavnih predstavnika ove podtehnike su japanski anime filmovi.



Slika 2.13 Djelomična animacija (Princeza Mononoke)

Osim navedenih, jedna od podvrsti je i rotoskopija. Na njoj se bazirao rotoskop, stroj s početka poglavlja, a ista se primjenjuje na način da se kopiraju pokreti glumaca s fotografija koje su prethodno uživo snimljene. Isto tako moguće je stilizirati iste, a bitna prednost u odnosu na ostale je stvaranje realnijeg i fluidnijeg pokreta. [10][14][15]



Slika 2.14 Rotoskopija (Alisa u Zemlji Čudesa)

2.2.2. Stop animacija

Tehniku stop animacija ostvarujemo tako da fizički pomičemo određeni stvarni objekt te pomak bilježimo fotografijom. Nakon spajanja svakog pomaka odnosno fotografije u jednu sekvencu, stvara se iluzija pokreta te se time može reći da je neki predmet animiran.[16][20] Stop animacija u bilo kojem obliku je dugotrajan i težak proces jer je za nekoliko sekundi ili minuta animacije odnosno filma, potrebno snimiti na stotine fotografija. Nju smatramo, na neki način, pretečom računalne animacije jer osim što se koristila prije spomenute, bila je i baza za izradu prve računalne animacije. Kao i svaku tehniku tako i stop animaciju mnogi dijele na različite podvrste tj. tipove materijala kojima se služi animator u izradi svoje animacije.[9]

U *glinenoj animaciji*, kao što i sam naziv govori, animatori se služe glinom ili materijalima sličnima glini, od kojih je jedan od značajnijih plastelin. Kako bi se lakše objekt micao i stvarao određeni pokret, kao kostur objekta koristi se žica kojom se prilagođava pokret.[10][14][15][18]



Slika 2.15 Glinena animacija – plastelin (Pingu)

Nadalje postoji i tzv. *animacija izrezivanjem*. Koriste se materijali poput papira, tkanine i dr. kojima se oblikuju 2D objekti koji se kasnije animiraju.[1][18] Kako bi se ostvario dodatan doživljaj animacije, pojedinci su se „poigrali“ ovom tehnikom. Pomoću svjetla osvjetljavali su likove te kao finalan rezultat dobivali siluete 2D objekata. Sukladno tome, ova tehnika nazvana je siluetalna animacija.[9][10][14][15]



Slika 2.16 Animacija izrezivanjem (South park) (lijevo) i
Siluetalna animacija (Avanture Princa Ahmeda) (desno)

Lutkarska animacija sastoji se od lutaka kao protagonista radnje te konstruirane okoline. Isto kao kod glinene animacije, lutke sadrže žičani kostur koji olakšava pomicanje dijelova tijela lutke, no isti drži i lutku na mjestu kako se ona ne bi raspala.[10][14][15][18]



Slika 2.17 Lutkarska animacija (San ljetne noći)

Animacija modela nastaje spajanjem stop animacije i igranog filma koju karakterizira direktna interakcija sa stvarnim okruženjem i glumcima. [14][15][18]



Slika 2.18 Animacija modela (Jason and the Argonauts)

Animacija objekta koristi „svakodnevne nežive objekte“ kao bit svojih animacija, dok ostale tehnike prethodno stvaraju objekte odnosno glavne likove svoje priče kako bi kreirali animaciju. U animaciju objekta ulazi i tzv. grafička animacija koja koristi nenacrtane vizualne objekte, točnije već stvorene zabavne i informativne sadržaje poput fotografija, časopisa i dr. za stvaranje animacije. Također unutar ove tehnike spada i brickfilm animacija koja se koristi lego kockicama i njima sličnim elementima kako bi se nežive figurice oživjele i kreirale imaginarnu zbilju, odnosno animaciju.[10][14][15][18]



Slika 2.19 Animacija objekta – Brickfilm (The Dandelion)

2.2.3. Računalna animacija

Računalna animacija je moderna tehnika stvaranja animacije, kao i segmenata animacija poput likova i njihovih okruženja unutar računalnog programa, odnosno pomoću računalne grafike. Smatraju je digitalnim nasljednikom tradicionalne stop animacije.[19][20] Velika prednost računalne animacija u odnosu na tradicionalne tehnike je brža i jednostavnija izrada animacije. Obzirom da nadomješta tradicionalnu izradu, možemo je podijeliti na računalom potpomognutu animaciju i računalno generiranu animaciju. *Računalom potpomognuta animacija* koristi se već postojećim tehnikama tradicionalne animacije no kako bi se ubrzao i olakšao proces animiranja, ručno nacrtani likovi i ostali objekti scene dodatno se obrađuju računalom i na samom kraju animiraju putem istog. Računalno generirana animacija ne sadrži tradicionalne tehnike izrade animacije, točnije nije potrebno crtati likove ručno. Svaki segment scene se crta, obrađuje i animira računalom. [10][14][15][21]

2.2.3.1. 2D računalna animacija

Kao što sam naziv govori, radi se o dvodimenzionalnim animacijama upravljanima putem računala. Ova tehnika primjenjuje se na objekte koji su stvoreni i/ili uređeni računalom putem pixel[1] ili vektorske grafike[2]. Računalna 2D tehnika slična je tradicionalnim tehnikama, odnosno nije potrebno, kao kod 3D animacije, stvarati objekte u 3 osi, već je moguće samo izraditi crteže koji sadrže dvije osi (širinu i visinu) te će spojeni u cjelinu prikazivati animaciju.[9][22] Kod ove tehnike animirani likovi mogu se kretati gore, dolje, lijevo i desno. 2D animacija je u globalu jeftinija od 3D računalne animacije zato što su za nju potrebni jedino dobri crtači koji praktički mogu odraditi cijeli proces animacije sami. Tehnike dvodimenzionalne računalne grafike su automatizirane računalne verzije tradicionalnih postupaka poput tweeninga, morphinga, onion skinninga i interpolirane rotoskopije.[10][15][21]

[1] Rasterska grafika ili ispravnije piksel grafika je grafika koja sadrži nekoliko stotina(tisuća ili milijuna) sitnih kvadrata na nekoj jedinici prostora, a koji sadrže informacije o boji (kvadrat nazivamo piksel). [201] Kod skaliranja gubi se na kvaliteti slike, točnije slika postaje „zrnasta“.[202]

[2] Vektorska grafika koristi matematiku za crtanje oblika pomoću točaka, linija i krivulja.[201] Kod skaliranja se ne gubi na kvaliteti, odnosno elementi ostaju „čisti“ kao i kod originalne veličine.[202]

Tweening – postupak dodavanja i kreiranja sličica između dviju postojećih kako bi se dobila „fluidnija“ animacija

Morphing – prijelaz izobličavanjem iz jedne sličice u drugu

Onion skinning – postupak pomoću kojeg se više bliskih slika spaja u jednu

Interpolacijska rotoskopija – ova metoda slična je tradicionalnoj rotoskopiji, a način kreiranja iste je crtanje preko prethodno snimljenog igranog filma

2.2.3.2. 3D računalna animacija

3D računalna animacija danas je jedna od najkorištenijih tehnika animacije. Sve rjeđe animatori se odlučuju na tradicionalne tehnike ili pak stop animaciju. Razlog tome je što su starije i dugotrajnije, ali i što im ne nude tolike mogućnosti kao računalna animacija. Njena primjena započinje 90.-ih godina prošlog stoljeća sa ubrzanim razvojem računala kada nastaje prvi potpuno računalno stvoreni animirani film. Godine 1995., „LucasFilm LTD“ stvara film „Priča o igračkama“ kojeg možemo smatrati revolucionarnim potezom za animirani film, ali i za računalnu animaciju.[1][23] Posljedično tome, započelo je doba računalne animacije koja danas broji na desetke animiranih filmova te se implementirala i u ostala područja ljudskog djelovanja. Jedno od njih je i svijet videoigara u kojem se danas kreiraju vizualno realistične, ali i komponentno zahtjevnije igre. Danas u tehnologiji igara koja je uvelike napredovala od svojih početaka, postoje razni programi koji omogućuju simulaciju karakteristika fizičkog pokreta u realnom vremenu i prostoru. Osim toga razvojem tehnologije došlo je do značajnog napretka u mimici i fizionomiji prikazivanja animacije lica u videoigrama. U odnosu na danas, brojne videoigre izrađene prije početka 21. st. nisu sadržavale facijalne animacije. Većinom su bile odbojne i šture, što je opravdano činjenicom da sama tehnologija nije mogla podržati način na koji bi se to izradilo i reprezentiralo. Osim toga računala i pokretači igara (engl. Game engine) nisu bili razvijeni da podržavaju kompleksnije videoigre što je rezultiralo sporošću igara, a u konačnici u nekim primjerima i ne igrivosti. Kao primjer ograničenosti hardverskog i softverskog sklopovlja računala može se uzeti začetnik industrije video igara, „Battlezone“. Njihova se grafika bazirala na vektorskoj grafici kako bi prikazala virtualno 3D okruženje. Posljedično razvoju računala, 90-ih godina došlo je do unapređivanja videoigara. No nakon toga dolazi do novih problema poput nerealnosti i neprirodnosti 3D modela, deformiranih dijelova modela, oštrih rubova na modelu, spomenutih nepostojanih facijalnih animacija i drugih. Kako su se unapređivala računala, razvijala se razna tehnologija koja je rješavala postojeće probleme i donosila nove, ali i naprednije tehnike.[19]

Iako novije tehnike animatorima omogućavaju brojne mogućnosti i prilike za rad, s druge strane im otežavaju njihovu izradu jer sam animator mora poznavati program u kojem izrađuje svoju CGI animaciju. Također, mora imati neko znanje o matematičkim osnovama u grafici te poznavati strukturu, fizička svojstva i način pokreta modela kojeg se modelira i animira. Sustavi za modeliranje i animiranje omogućavaju brojne alate, a osnovna prednost u 3D animaciji je postojanost dubine odnosno volumena. Stoga na postojeće dvije osi, 3D animacija donosi treću koja je kao i prethodne dvije manipulativna.[22] Isto tako moguće je model rotirati po svim osima, skalirati, premještati, pridodavati mu teksture i boje, pregledavati ga iz različitih kutova i u različitim vremenskim i svjetlosnim uvjetima te na kraju smjestiti ga u 3D generiranu okolinu s ciljem prikazivanja izgleda modela u realnom svijetu.[19] Složenost, odnosno kompleksnost računalne animacije, doprinijela je širokoj upotrebi iste, ali njena posebnost očituje se u realističnosti animacije koja je svakim danom sve bolja i kvalitetnija. Danas je na nekim primjerima kod industrije igara ili filmske industrije teško prepoznati što je igrano i realno, a što je umjetno, točnije računalno kreirano. Osim spomenutog, 3D računalna animacija koristi se često i za specijalne efekte u filmovima poput rušenja zgrada, velikih eksplozija i dr. Današnje tržište prepuno je programa koji osim animacije omogućavaju modeliranje, teksturiranje, ali i renderiranje. Neki od programa su: Autodesk Maya, Blender, 3ds Max, Houdini, Cinema 3D i drugi. [2][16]

3D animaciju možemo podijeliti na više vrsta gdje je jedna od njih fotorealistična animacija koja se koristi kod visokog stupnja prikazivanja realnosti onakvom kakva ona zapravo je.[6] Ova tehnika pokušava pomoću raznih algoritama detaljizirati model do što je moguće većeg nivoa i tako već izmanipulirane i iskorištene oči gledatelja dovesti u stanje zabrinutosti o stvarnosti ili imaginarnosti objekata animacije. [10][14][15] Drugim riječima, animacija prikazana u nekom filmu ili videoigri činit će se kao stvarnost. Veliki nedostatak kod ove tehnike je animiranje glave modela, specifično usta i mimike lica, zbog reproducirane kompleksnosti čovjekove duševnosti i različitih pokreta mišića lica.



Slika 2.20 Fotorealistična animacija (Avanture Tintina)

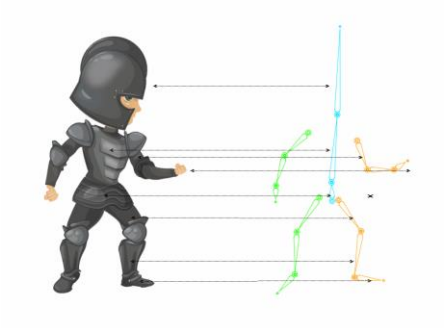
Strip je jedan od bitnih elemenata koji je utjecao na razvijanje tradicionalne animacije.[1][4]Time je stavio trag u ovoj vrsti umjetnosti. Posljedično tome i samoj tradicionalnoj animaciji, razvila se druga računalna tehnika, točnije cel-sjenčanje. Doima se kao ručno crtani crtež, a samim time nema realističan izgled kao preostale tehnike računalne animacije. Iako se čini lakšom tehnikom za razliku od drugih 3D tehnika, vrlo je složen proces izrade animacije. Isprva se modelu naglašavaju obrisi i konture, potom se model boja željenom bojom i na kraju se sjenča. [10][14][15]



Slika 2.21 Cel-sjenčanje (Ni no Kuni)

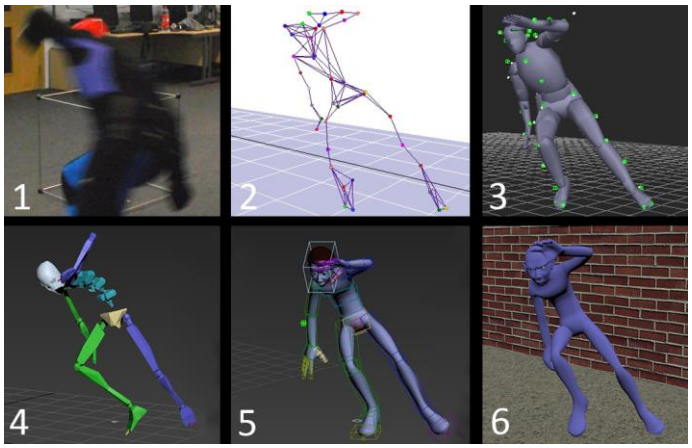
Najčešće korišteni postupak računalne animacije je skeletna animacija. Ona se sastoji od dva dijela. Prvi dio je površni dio, dio kojeg korisnici tj. gledatelji vide, a on ocrtava sam lik i sadrži kožu, odjeću i druge vidljive elemente. Drugi dio je dio koji se nalazi ispod površine i njime se najčešće upravlja, a naziva se kostur (engl. skeleton).[17]

Kostur je skup kostiju koje su međusobno povezane zglobovima, te ovisno o animatorovoj želji mijenja im njihov položaj, točnije položaj njihovih točki. Na taj način, kreira animaciju, koja se istodobno, ukoliko su kostur i površina povezani, primjenjuje i na sam vizualni model. Kosti kostura sadrže tri bitna svojstva: poziciju, veličinu i orijentaciju. Prema svojstvima, stvara se interakcija između animatora i animacije, odnosno lika. Osim što sadrže svojstva, kosti lika imaju pravila hijerarhije. Pomičemo li nadlakticu, micat će se i podlaktica zbog prirodne korelacije između te dvije kosti. [10][14][15][24]



Slika 2.22 Skeletna animacija

Motion capture tehnika ili tehnika hvatanja pokreta također je jedna od podtehnika 3D računalne animacije. Obzirom da se rad bazira na ovoj tehnici, ista će biti obrađena kao zasebna cjelina u sljedećem poglavlju.



Slika 2.23 Tehnika hvatanja pokreta

3. Motion capture

Tehnika hvatanja pokreta (engl. motion capture; kraće mo-cap) ili kako je još neki nazivaju digitalizacija pokreta, spada u tehniku računalne točnije 3D animacije. Snimajući realni pokret, odnosno položaj, smjer i kut nekog objekta poput ljudskog tijela, bilježe se koordinate ključnih točaka u vremenu te se time stvaraju određeni matematički oblici koji su razumljivi računalu. Nakon toga, računalo uzima te oblike, odnosno pokrete i u konačnici ih primjenjuje na računalno stvoreni model koji poprima spomenute kretnje te ih tako virtualno interpretira.[5] Osim na ljudski lik, kretnje se mogu snimiti na ljudskom licu i prstima čovjeka kao zasebnim cjelinama zbog kompleksnosti kretnji. Mogu se snimiti na različitim živim bićima i na drugim neživim objektima koji se pod utjecajem neke druge sile kreću. [6][25]



Slika 3.1 Mocap animacija (The Polar Express)

Snimanje motion capture tehnikom može se obaviti na dva načina. Motion-capture recording je tehnika gdje prvo snimamo pokrete te ih kasnije u post obradi primjenjujemo na 3D model. Druga tehnika je realtime capture u kojoj se kretnje, snimane na subjektu, putem programa istodobno prikazuju na računalnom modelu. [26][27] Značajna primjena korištenja mo-capa nalazi se u filmu *Gospodar prstenova Dvije kule* (2001.), u kojoj Andy Serkis utjelovljuje lik Golluma. [16][28][29][30] Ovaj primjer je istaknut zbog korištenja real-time full-on-performance capture. Drugim riječima, korištena je tehnika hvatanja pokreta gdje su se kretnje primjenjivale direktno na računalno stvorenom liku. Da stvar bude zanimljivija, snimani subjekt mogao je biti direktno na setu sa preostalim glumcima bez obzira što je nosio odijelo sa markerima. Kao prvi animirani film, koji je iskoristio mo-cap, izdvaja se *Sinbad Beyond the Veil of Mists*. Tehnika je korištena za izradu pokreta likova, dok su se preostali dijelovi scene izrađivali putem klasičnih animacijskih tehnika. Ovi primjeri filmova stvaraju napredak i još jednu prekretnicu u području animacije s čime se mo-cap tehnologija počela približavati izgledu igranih filmova odnosno realnosti.

Kako bi se stvorila animacija potrebno je kretnje realnog lika bilježiti više puta u sekundi što ujedno povezuje sve klasične tehnike animacije s ovom. Mo-cap tehnika osim što prati pokrete

određenog snimanog objekta također prati fizionomiju i izgled istih. Kao primjer može se uzeti ljudsko tijelo koje je i najčešće korišten subjekt tehnike hvatanja pokreta. Informacije o kretnji ljudskog tijela, točnije animaciji, mapiraju se na računalno stvoreni model te se time model kreće kao i snimani subjekt. Takav tip mapiranja naziva se direktno mapiranje. S druge strane, ukoliko pokret i izgled kontroliraju boju kože animiranog lika ili emocionalno stanje, tada se mapiranje naziva indirektno. [31] Mo-cap tehnika, osim što se primarno izrađuje tako da se subjekt pomiče tijekom snimanja, može se izraditi da se virtualna kamera kreće u prostoru snimanog objekta. Time se hvata putanja kamere, rekviziti na sceni i sama izvedba glumca. Kao rezultat dobiva se preciznije prikazivanje perspektive, okoline i glumca u krajnjoj animaciji. Takav pristup kreiranju mo-cap tehnike naziva se match moving.[32]

Osim što se brzina proizvodnje animacije ubrzala, točnost kretanja unaprijedila i što se omogućilo isprobavanje raznolikih varijanti animiranja, s druge strane razvili su se mnogobrojni problemi. Tako je na primjer za izradu ove tehnike animacije potreban ekonomski stabilniji i obrazovno napredniji tim stručnjaka, potrebni su programi koji će primati i obrađivati podatke o kretnjama lika, veći prostor, te skupocjena oprema kojom će se animacija snimiti. Problemi mogu nastati i na razini programa, odnosno animacije. Primjerice, animacije životinja možda neće izgledati realno. Svaku animaciju koja ne slijedi zakone fizike nije moguće izraditi i na kraju mapirati na 3D model jer se animacija ne prenese uvijek na očekivani način. Takve tipove animacije obično se izrađuje klasičnim tehnikama animacije ili naknadnom obradom snimljenih pokreta.

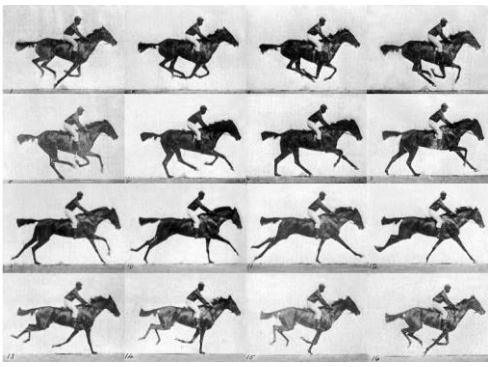
Obzirom na raznovrsnost izrade, motion capture unapređuje i osposobljava mnoge grane ljudskog djelovanja. Mo-cap tehnika isprva se koristila u vojsci i sportu. Obično se tehnika koristila za istraživanje rada, rasta, strukture mišića i dr., što je rezultiralo ubrzanim kreiranjem animacije koja se do tada izrađivala putem keyframe animacije[3]. Primjena mo-capa nije se promijenila u ovim područjima sve do danas te se i dalje prati ergonomija i rad svih dijelova tijela kod ljudi u pokretu i mirovanju. No ono što se promijenilo je primjena u drugim granama života i znanosti.

[3] „Key frame je slika koja definira početne i završne točke bilo kojeg glatkog prijelaza. Takve slike se nazivaju ključni okviri jer se njihov položaj u vremenu mjeri u „frame-ovima“,tj. okvirima na filmskoj traci. Niz ključnih okvira definira koje će kretanje gledatelj vidjeti, dok položaj ključnog okvira na filmu, videu ili animaciji određuje vrijeme pokreta.“[19] Mo-cap animacija zapravo je „kontrast“ keyframe animacije[26]

U filmskoj industriji mo-cap nalazi svoju primjenu u snimanju pokreta živućeg glumca, a snimljeni pokreti kasnije se koriste u svrhu kreiranja 3D animacija na digitalnim modelima. Modeli su na samom kraju u direktnoj interakciji s glumcima, ukoliko se radi o igranom filmu, dok kod animiranog filma zajedno za okolinom čine svojstvenu cjelinu. [26] Ponekad je u filmu potrebno osim samog pokreta ljudskog tijela zabilježiti mimiku lica ili pokret prstiju što se prema nekim izvorima kada se snima cijelo tijelo i spomenute pojedinosti naziva snimka (digitalizacija) izvedbe (engl. performance capture). [6][33]

Snimanje lica i prstiju često se radi pomoću posebnih kamera koje snimaju samo taj dio tijela. One se namještaju kako bi efektivnije hvatale ljudske emocije izražavane putem mimike lica. Kod takvog snimanja, u ne tako davnoj prošlosti, stvarali su se brojni problemi poput nemogućnosti praćenja očiju što je rezultiralo prazninom i monotonošću. Oči bi se stoga zasebno animirale što bi uzelo puno vremena animatorima, a rezultati i dalje ne bi bili fotorealistični. Nadalje, cijelo lice modela je bilo ukočeno i previše je nalikovalo licu robota bez osjećaja. Unatoč tome, duži niz godina, animacije lica nisu bile realistične no određeni pomak se primjećivao. Jedan od napredaka u ovom području je praćenje perifernih dijelova lica na unaprijed snimljenoj snimci. Određeni program preslikava lice subjekta na računalni model koji je označen markerima te su isti pridodani licu subjekta na snimci. Time se može stvarati animacija koja ne zahtjeva postprodukciju pojedinih dijelova lica jer je svaki od tih dijelova moguće preslikati putem snimke.[27]

Iako su većinom navedeni problemi zapravo problemi novijih generacija mo-capa, prvi začeci istog kreću od Eadweard Muybridgea. Naime, Muybridge je 1878. pomoću dvanaest kamera koje su bilježile kretnju i stvarale niz fotografija dokazao da se konju u jednom trenutku sve četiri noge nalaze u zraku. [40]



Slika 3.2 Muybridge - Konjski galop

Taj njegov dokaz služio je Etienne-Jules Marey kao povod za kreiranjem kronofotografskog fotoaparat s fiksnim pločama i vremenskim okidačem. Na početku, fotografije su se bilježile na staklenoj ploči, a kasnije su se bilježile na papiru što je uzrokovalo pojavu i korištenje filmske

vrpce. Muybridge je svojim doprinosom osigurao bitan segment u animaciji koji služi kao referenca brojnim animatorima danas.



Slika 3.3 Marey – mocap odijelo

Marey s druge strane ostavio je velik trag u motion capture animaciji zbog posebnog odijela koje je nosio kod isprobavanja svojeg izuma, a nalikuje današnjim odijelima za tehniku hvatanja pokreta. [25]

Smatra se kako je rotoskopija primitivna preteča mo-capa zbog njene posebnosti izrade te je ona, zajedno uz rotoskop, obilježila doba tradicionalne animacije. [34] Ona je zapravo obilježila prve začetke stvaranja animacije odnosno filmova. Kako je već spomenuto, u prethodnim poglavljima, rotoskopija je iscrtavanje likova preko snimljenih fotografija na kojima se nalaze pokreti živućeg čovjeka. Iako se tehnika mo-capa ne crta preko snimljenih fotografija, može se istaknuti da zapravo pretvara i primjenjuje određeni čovjekov pokret na računalno stvoreni lik, što joj ujedno daje poveznicu sa rotoskopijom.

Oko 70-ih godina prošlog stoljeća dolazi do pojave prvog 3D softvera za kreiranje računalne animacije. [25][31] Primitivni primjeri prvih animacija bile su obične grafičke animacije koje su se koristile za prikazivanje loga i naslovnih špica na televizijskim ekranima. Razvojem prvog 3D programa za izradu animacija, počinje se pobliže istraživati područje snimanja ljudskog pokreta. Radi se o istraživanjima Tom Calverta, profesora kineziologije i računalnih znanosti. Calvert je istraživao klinička ispitivanja abnormalnosti kod kretnji čovjeka pomoću računala i potenciometara pripojenih na ljudsko tijelo. [31]

Nakon toga dolazi do pojave optičkih markera kao senzora za odašiljanje položaja dijela ljudskog tijela. Ovakav pristup izrade motion capture animacije koristi se i danas. Uglavnom,

markeri su LED diode ili reflektirajuće oznake koje odbijanjem ili emitiranjem svijetla šalju signale u kamere. One bilježe pokrete koji se u računalu preračunavaju te se dobiva 3D pozicija određenog markera. Markeri su postavljeni na posebna odijela, ali i na posebna mjesta sa kojih je najbolje uzimati signal pokreta. Ovakav tip izrade animacije u prošlosti je predstavljao problem za računalno sklopovlje zbog njegove kompleksnosti. Prikazivanje kretnji likova bilo je sporo, a s druge strane sklopovlje računala skupo. [31] Sukladno tome je uslijedilo vrijeme osmišljavanja i testiranja različitih sustava i tehničkih sposobnosti za kreiranje motion capture animacije. Rezultati testiranja prebacivali su se na računalne modele gdje je jedan od njih bio Brilliance, ženski robot koji se kretao kao čovjek pa je samim time prozvan prvim uspješnim primjerom mo-cap animacije. Waldo C., također je jedan od testnih modela kojeg je bilo moguće kontrolirati u realnom vremenu te Dozo, kompjuterska animacija lika žene koja je pjevala na mikrofon i plesala. [25][31][32][35]

Nakon što su temelji mo-cap animacije postavljeni, stvorili su se problemi oko snimanja lica. Narednih godina, sve do 90.-ih, razni timovi su se okušavali u tvorbi sustava čija bi funkcija bila praćenje izraza lica glumca koji bi se kasnije primijenili na 3D model. [31]

Godine 1995., na tržište je izašla video igra FX Fighter koja je koristila digitalizaciju pokreta za svoje 3D modele. [29][25] Isti su se nalazili u 3D okruženju, a pokreti modela bili su, za tadašnje mogućnosti, iznadprosječne kvalitete čime su motivirali i druge timove da u svojim videoigrama koriste tehniku hvatanja pokreta. Važno je napomenuti da od pojave uređaja Kinect[4] kojeg je proizveo Xbox motion capture, osim što je priznat od strane mnogi stručnjaka, sve je više prisutniji u ljudskim životima i samim time nudi mnoge mogućnosti za korištenje istog.

[4] Kinect – uređaj proizveden od strane Microsoft-a za Xbox 360 igraču konzolu. Njegov sustav identificira pojedine igrače putem prepoznavanja lica, glasa, te sadrži kameru koja prepoznaje oblik tijela igrača. Na taj način prati određene dijelove tijela i stvara na osnovu toga virtualni lik koji se pomiče isto kao i praćeni subjekt. [36]

3.1. Sustavi mo-cap tehnike

Testiranjem raznih opcija izrade mo-cap tehnike animacije, stvorili su se razni podsustavi pomoću kojih je moguće snimiti kretnju. Svaki od podsustava odlikuje se određenim vrlinama i manama te se primjenjuje za određene vrste snimanja pokreta. Glumac, uglavnom, koristi odijelo koje sadrži određene markere koji odašilju signale u kameru. Svaki od tih markera točno su pozicionirani na zglobove glumca kako bi se koordinate i pomaci markera precizno definirali, a samim time kvalitetnije reprezentirali na računalnom modelu. Markeri se, bez obzira bili oni svijetleći, reflektivni, magnetski ili inercijski, prate minimalno duplo većom brzinom od snimanog pokreta kako bi konačan rezultat bio precizan i približno isti snimanom. Obično se markeri različitih sustava koriste zasebno, no moguće ih je miješati kako bi davali bolji ili željeni rezultat. Mo-cap tehniku možemo podijeliti na optički, mehanički, magnetski i inercijski sustav.

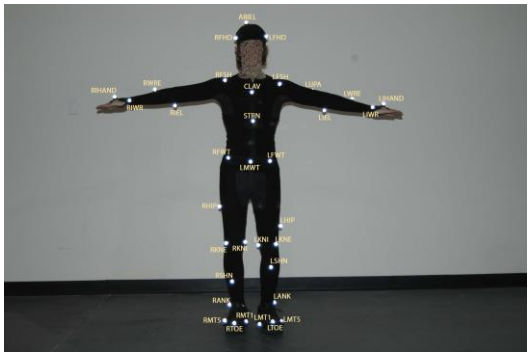
3.1.1. Optički sustavi

Optički sustavi uglavnom su sustavi koji koriste emitirano ili reflektivno infracrveno (engl. infrared; kraće IR) svijetlo sa posebnih markera koji se nalaze na odijelima subjekta kojeg se snima. Subjekti se nalaze unutar određenog prostora omeđenog kamerama koje prate pokrete markera u posebno kontroliranim uvjetima prostora i rasvjete. Optički sustavi su skupocjena vrsta izrade motion capture animacije zbog tehničkih potrebitosti snimanja. [34] Važno je napomenuti da se razvojem tehnologije stvorila podvrsta optičkih sustava tzv. markerless sustavi koji ne zahtijevaju specijalna odijela i markere točnije skupocjenu opremu. Hvatanje pokreta u takvim slučajevima obavlja se u normalnim uvjetima, sa svakodnevnom odjećom i sa minimalnom tehničkom opremom.



Slika 3.4 Mocap odijelo sa optičkim senzorima
(Hobbit: Smaugova pustoš)

Optički sustavi koji koriste IR svijetlo dijele se na dvije podvrste, a razlikuju se prema markerima koji ili refelektiraju ili emitraju svijetlost. Dvije vrste markera su aktivni i pasivni markeri. [26][29] Sastav pasivnih markera je reflektirajući materijal koji odbija svijetlost emitiranu sa IR LED dioda. LED diode nalaze se oko leće kamere koja hvata reflektiranu svijetlost sa markera preko IR propusnog filtera. [26][33] Markeri se nalaze direktno na koži čovjeka ili na specijalnim odijelima. Oni mogu biti kuglastog, polukuglastog i kružnog oblika, a oblik i veličina ovisi o tipu snimanja kretnje i razlučivosti kamere. [25][28] Tako će se veći markeri pretežno koristiti za noge i tijelo, dok će se markeri manjih dimenzija koristiti za lice, ruke ili prste. Kamera, kod ovog slučaja, ignorira tkaninu ili kožu, a hvata reflektirano svijetlo sa pojedinog markera. Optimalno je koristiti 8 do 16 kamera ili više koje se kalibriraju s markerima smještenima na najčešće korištenim i poznatim mjestima, dok se za snimanje lica koriste posebne kamere. [26] Kamere za lice priključene su obično za kacigu subjekta kojeg se snima kako bi se tijekom cijelog snimanja pratili izrazi njegova lica. [27] Preciznom i korektnom kalibracijom dobiva se točna pozicija markera unutar sustava te je moguće odrediti položaj, smjer i zakrivljenost objektiva svake kamere. Subjekt kojeg se snima najčešće se postavi u T pozu koja je sa čestim korištenjem i njenim konceptom stekla vrijednost kalibracijske poza.



Slika 3.5 Kalibracijska poza T

Kako bi animacija bila što realnija, subjekt izvodi nekoliko vježbi čime se utvrđuju kretnje glumca kao i moguće anomalije u snimanju. [28][37] Ukoliko dvije kamere koje zasebno snimaju i stvaraju 2D sliku registriraju IR svijetlo, točnije marker, može se dobiti položaj snimljenog objekta u prostoru. [25][33] Svako povećanje broja kamera rezultira boljom snimanom pokrivenošću subjekta, preciznošću konačnog rezultata, mogućnošću snimanja više subjekata odjednom, ali, s druge strane, kompleksnijom i zahtjevnijom postprodukcijom.

Kod aktivnih markera radi se o emitiranju IR svijetlosti. [19] Točnije aktivni markeri su IR LED diode koje šalju svoju svijetlost prema kameri te ona bilježi podražaj. [33] Ovaj tip optičkog sustava moguće je u novije vrijeme koristiti u normalnim uvjetima osvjetljenja za razliku od pasivnih markera kod kojih je potrebno posebno regulirati okolno svijetlo. Aktivni markeri ujedno

imaju veliku prednost u odnosu na pasivne markere jer pasivni imaju problema s iskrivljenim podacima i lažnim refleksijama. [25][26] Pobudu LED dioda, odnosno markera moguće je vršiti pojedinačno ili skupno odjednom. Obzirom na to, kamere ne identificiraju sve markere ili u drugom slučaju, ovisno o amplitudnoj ili frekvencijskoj modulaciji, identificiraju svaki pojedini marker. Velika prednost identifikacije svakog markera najbolje dolazi do izražaja kod aplikacija koje omogućuju rad optičkih sustava u realnom vremenu. Kao i kod pasivnih markera, za točne koordinate markera potrebne su minimalno dvije kamere.

U oba slučaja markeri se smještaju u trodimenzionalnom sustavu, a za svaku kretnju potrebno je da kamera uhvati do nekoliko tisuća uzoraka emitiranog ili reflektiranog svijetla po sekundi. [26] Pozicije markera kojeg kamere snime zovu se translacijski podaci. Oni se koriste kod mapiranja računalnog modela tijekom snimanja kretnje. Kako bi se održala konzistentnost kretnje pa samim time model realno prikazivao animaciju, potrebno je pomoću matematičkih izračuna koje za nas radi računalo odrediti udaljenost zglobova, odnosno markera jednog od drugog. Računalo također stvara određenu hijerarhijsku poveznicu zglobova odnosno markera pa samim time dobivamo tzv. rotacijske podatke. Oni nam govore koliki je stupanj kuta između 3 zgloba (rame, lakat, šaka). [38] Posljedično ovako pisanim algoritmima, snimljene kretnje možemo prenijeti na računalni model koji će se ovisno o translacijskim i rotacijskim podacima pokretati kao živući stvor. [25]

Ovakav tip sustava često je neprecizan i potrebno je više vremena provesti u postprodukciji kako bi se animacija „počistila“ i kako bi se podaci o kretnji doveli u red. [26] Ponekad, tijekom snimanja kretnji ovakvom tehnikom, možemo naići na probleme poput blokiranja i zaklanjanja određenog senzora. Takvu pojavu nazivamo okluzija (engl. occlusion). [25][33][37] Ukoliko u bilo kojem trenutku snimanja kretnje dođe do blokiranja određenog markera, kamera neće moći snimiti njegov položaja te će se kao rezultat stvoriti određena anomalija kod mapiranja lika. Unatoč brojnim suvremenim rješenjima da se takvo što otkloni, dugotrajnije i površinski veće okluzije nažalost će rezultirati potpunim gubitkom podataka te lošom animacijom. Stoga je potrebno izbjeći ili smanjiti što je više moguće okluziju. Okluziju je moguće riješiti na više načina. Jedan od njih je da se snimanje svede na samo jednog subjekta točnije snimanje njegovih pokreta unatoč tome što sustav može snimati više subjekata odjednom. Nadalje moguće je pridodati više kamera ili markera čime bi se korektnost i preciznost povećala. U korist boljem rezultatu pa samim time i uspješnosti sustava, ide i nepostojanost teške opreme i opreme koja povezuje subjekta snimanja sa računalom. Osim toga, postoje mnogi programi koji omogućavaju mapiranje 3D modela istodobno kada se snima pokret subjekta te time omogućavaju pravovremeno uviđanje mogućih anomalija na računalnom modelu.

Kao jedna od opcija rješavanja okluzije pojavio se podsustav markerless. Takav sustav predstavlja naprednu tehnologiju koju današnjica posjeduje, a za snimanje kretnji nisu potrebni nikakvi markeri. Sustav na osnovu svojih programiranih algoritama analizira ono što snima te pronalazi figuru ljudskog tijela koju analizira dio po dio i tako stvara dubinu odnosno svoje „imaginarne“ markere. Ovakav sustav radi dobro s većim dijelovima tijela i većim pokretima, dok mu trenutno predstavljaju problem manji pokreti. Kao primjer većeg pokreta je pokret ruke, dok je primjer manjeg pokreta, pokret prstiju. [25] Ovaj sustav, bez obzira što je podsustav optičkog, mora koristiti posebnu kameru za snimanje lica. Kako bi zaobišli facijalne markere, animatori su odlučili isprobati „svjetleću boju“ kako bi pratili lice snimanog subjekta. Lice snimanog subjekta namazali su šminkom koja svijetli u mraku te pod smanjenom svjetlošću snimali fizionomiju lica subjekta. Posljedično tome, dobivale su se informacije o površini, a ne samo jednoj točki (markeru). Uglavnom, tom tehnikom, bilježe se podaci sa otprilike desetaka tisuća točaka, a kao rezultat dobiva se nekoliko stotina tisuća poligona[5] na licu subjekta. [28] Time je animacija lica detaljnija i realističnija. Jedan od primjera je film *Benjamin Button* (2008.) u kojem glavni protagonist proživljava život u obrnutom smjeru, točnije od starosti do mladosti. Lice glavnog glumca prilagođavano je ovom tehnikom kako bi isto bilo vjerodostojno i kako bi se postigao željeni izgled.

Optički sustavi uvelike su prisutni u produkciji filmova i videoigara, no primjenjuju se i u medicini, vojsci, sportu i dr. Zbog njihove jednostavnosti, prilagodljivosti i visoke preciznosti, koriste ih mnogi timovi za stvaranje kreativnog, zabavnog i obrazovnog sadržaja. Velik nedostatak ovih sustava je visoka cijena opreme koju je nužno posjedovati kako bi u konačnici animacija što realnije izgledala. [25]

3.1.2. Magnetski sustavi

Magnetski sustavi su sustavi koji koriste elektromagnetska polja generirana istosmjernom ili izmjeničnom strujom za mjerenje prostornog odnosa senzora s magnetskim odašiljačem gdje se položaj istih prikazuje na računalu posredno putem elektroničke kontrolne jedinice. [26][34] Podaci se na računalu reprezentiraju u 3D prostornom okruženju. [25]

[5] Poligon – je površina omeđena najmanje trima rubovima (engl. edge) koji se spajaju u rubnim točkama (engl. vertex). Poligoni se najčešće prikazuju kao trostrani (trokut) i četverostrani elementi. Skup poligona koji se spajaju u zajedničkim rubnim točkama naziva se mreža (engl. mash). [22]

Najčešće koriste šest do jedanaest senzora koji su smješteni na tijelu snimanog subjekta. [26] Senzori, za razliku od drugih sustava, sadržavaju informaciju o rotaciji istog te ih nije potrebno izračunavati u postobradi. Samim time, to je jedna od većih prednosti ovog sustava. S druge strane, problem predstavljaju okolni predmeti koji imaju svoja magnetska ili metalna polja koji utječu na snimanje i iskrivljuju konačne rezultate. Posljedično tome, ovu tehniku teže je koristiti u zatvorenom prostoru zbog mnogih posrednih objekata koji utječu na konačni ishod animacije. Problem u ovom sustavu predstavlja i snimanje više subjekata odjednom. U tom slučaju dolazi do miješanja signala koji se odašilju prema elektroničkoj kontrolnoj jedinici što zbunjuje sustav te dobivamo netočne podatke o položaju senzora. Osim toga, magnetski sustavi moraju biti povezani s kablovima (senzor, elektronička kontrolna jedinica, računalo) što rezultira otežanim kretanjem subjekta te tehničkom kompleksnosti sustava. [25][26][34][37]

Ovakvi sustavi proizlaze iz senzora stavljenih na kacige pilota vojnih zrakoplova. Pomoću tih senzora pratio se položaj i orijentacija glave kako bi se sučelje bolje optimiziralo. [34] Današnji unaprijeđeni sustavi, koriste se manje u odnosu na druge sustave zbog velikog broja nedostataka no ipak postoji određena primjena i upotreba istog. [25]



Slika 3.6 Primjer mocap
odijela sa magnetskim senzorima

3.1.3. Mehanički sustavi

Mehanički mo-cap sustavi su sustavi koji za snimanje pokreta koriste fizičke objekte spojene u tzv. vanjski kostur (engl. exoskeleton). [25][26][35] Konstrukcija se sastoji od šipki i potenciometara koji su smješteni na zglobovima subjekta, a namjena im je da mjere kutove između dvije šipke tijekom kretanja. Svaki od tih potenciometara odnosno zglobova povezan je sa kutnim koderom koji prenosi informacije o kutu i relativnom položaju zgloba u računalo koje obrađuje i

eventualno popravlja određene pokrete. Njihova najveća prednost nad preostalim tehnikama je brzina pretvaranja i reproduciranja kretnje na računalu te nepostojanje okluzija ili električnih i magnetskih smetnji. [26]



Slika 3.7 Primjer mocap
odijela sa mehaničkim senzorima

Problemi nastaju kod snimanja raznih kretnji koje uključuju čovjekov skok ili hod po stepenicama. Sustav će to prikazivati kao da se subjekt kreće na mjestu ili će deformirati određen pokret. Također jedan od nedostataka, ukoliko se ne koriste bežični mehanički sustavi, su kablovi koji moraju biti spojeni na snimanog subjekta i računalo, čime se otežava kretanje subjekta. Osim toga kostur ponekad zna predstavljati problem zbog svoje težine i ne praktičnosti tijekom izvođenja određenih pokreta poput izrade animacija za kolut unaprijed. Samim time želi li se snimati više subjekata odjednom, praktički je nemoguće jer svaka individua mora imati kostur povezan žicama na računalo. Mehanički sustavi uglavnom su jeftiniji po izradi i konstrukciji, no s druge strane imaju određeni vijek trajanja što rezultira povećanjem šuma, ovisnog o vremenu, u izlaznim podacima. Njihova primjena ista je kao i kod ostalih sustava te se često koriste zajedno s magnetskim senzorima kako bi ispravili problem oko korištenja treće osi. [25]

3.1.4. Inercijski sustavi

Inercijski sustavi koriste bežično slanje sirovih podataka na računalo gdje se bilježi svaki pokret snimanog subjekta. Ovi sustavi obično koriste žiroskope koji, ovisno o rotaciji određenog zgloba, mjere kutnu brzinu i definiraju podatke koji se zatim prenose na računalni model, točnije njegov kostur. [33] Što je više žiroskopa, preciznost reprezentacije kretnje bit će veća. [39] Ovakvi sustavi imaju veću osjetljivost, brzinu uzimanja uzoraka i rezoluciju, a s druge strane, njihova

preciznost trenutno je manja u odnosu na ostale sustave. Druga komponenta koju koriste je akcelerometar (engl. accelerometer) koji mjeri ubrzanje (akceleraciju), ali i gravitacijsko ubrzanje. [33][37] Njihova najveća prednost je to što za snimanje pokreta nije potreban prostor i popratna oprema. Potrebno je posebno odijelo i računalo, što je minimalna oprema u odnosu na ostale sustave mo-capa. Primjena im raste iz dana u dan zbog njihove jednostavnosti i brze izrade animacije, a najčešće je zastupljena u razvoju filmova i videoigara.



Slika 3.8 Primjer mocap odijela sa inercijskim senzorima

4. Praktični dio

Praktični dio završnog rada odnosi se na testiranje aplikacije za izradu motion capture animacije. Uspoređivane su različite snimke kreirane pomoću aplikacije kako bi se opravdali i iznijeli optimalni uvjeti za kreiranje animacije. Osim toga bit će prikazane anomalije kao i korektno prikazani dijelovi animacije te će nastanak istih biti objašnjen. Svaka snimka odnosno animacija bit će kreirana putem aplikacije RADiCAL koja je predodređena za izradu markerless animacija.

Proces realizacije odvijat će se na sljedeći način: osmišljavanje pokreta za kreiranje animacije, pronalaženje i razmatranje okoline u kojoj će se izvoditi pokreti, odnosno u kojoj će se stvoriti animacija, snimanje te kasnije pretvaranje pokreta postavljajući ga na virtualnu memoriju (engl. cloud) aplikacije.

Sve animacije nalaze se na CD-u koji je priložen uz završni rad.

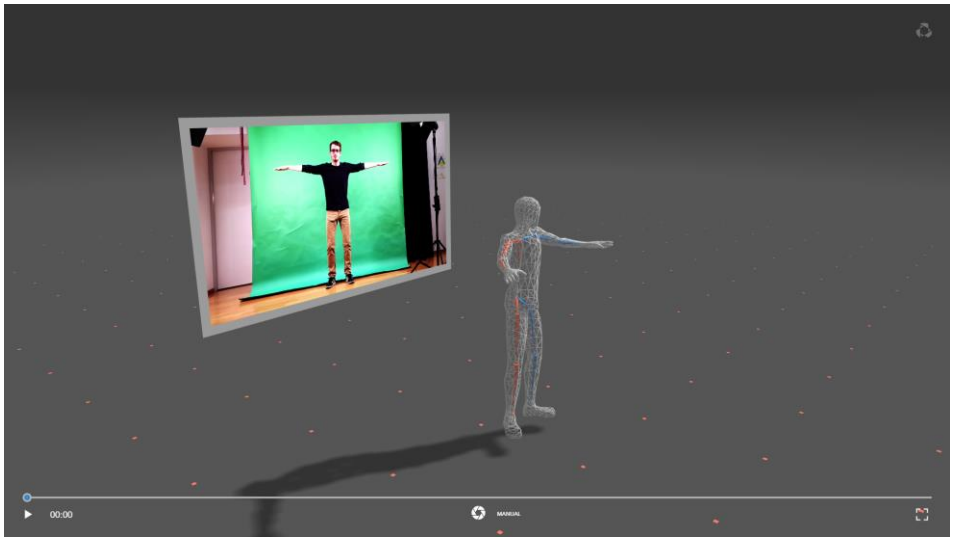
4.1. RADiCAL

RADiCAL je aplikacija putem koje se izrađuju animacije tzv. markerless tehnikom, odnosno tehnikom hvatanja pokreta. Nastala je od strane tvrtke RADiCAL Solutions LLC. Osnovni cilj aplikacije je kreiranje 3D animacije na osnovu 2D sadržaja ljudskog kretanja. Drugim riječima, kako osnivači nalažu: „*cilj nam je vidjeti tehnologiju koja se provodi u mobilnim, web i poslovnim okruženjima, besprijekorno osnažujući 3D animaciju u filmu, TV-u, umjetnosti, AR-u (engl. augmentet reality)/VR-u (engl. virutal reality) te u industrijskim i zdravstvenim aplikacijama.“* Za korektan rad aplikacije i stvaranje željenog sadržaja potrebna kamera bilo koje vrste, od mobilne pa sve do profesionalne kamere. Osim toga nisu od velike važnosti posebno dizajnirana okruženja, kao ni odjeća koju će snimani subjekt nositi. Kreiranje animacije provodi se u svakodnevnim uvjetima tijekom čega aplikacija ignorira sve objekte koji nisu čovjek i one koji se ne kreću. Kako bi sama animacija bila ispravna potrebno je na samom početku snimanja postaviti snimani subjekt u T pozu, odnosno kalibracijsku pozu kako bi sustav detektirao i očitao subjekta koji će se kretati. Nakon toga poželjno je napraviti korak u stranu čime će se iskoristiti puni potencijal očitavanja subjekta, te će sama animacija biti vjerodostojnija. Sustav na osnovu naše snimke stvara već unaprijed primijenjenu animaciju na 3D model kako bi konačan rezultat mogli vidjeti. Isti rezultat možemo preuzeti u FBX formatu koji je podržan od većine programa za obradu 3D animacije, odnosno 3D modela općenito. Bez obzira na to koliko aplikacija stvara realnu i čistu animaciju, istu je potrebno, kod dodatnog uređivanja putem programa, „očistiti“ kako bi se izbjegle anomalije, a samim time i pogreške kod prikazivanja animacije.

4.2. Testiranje

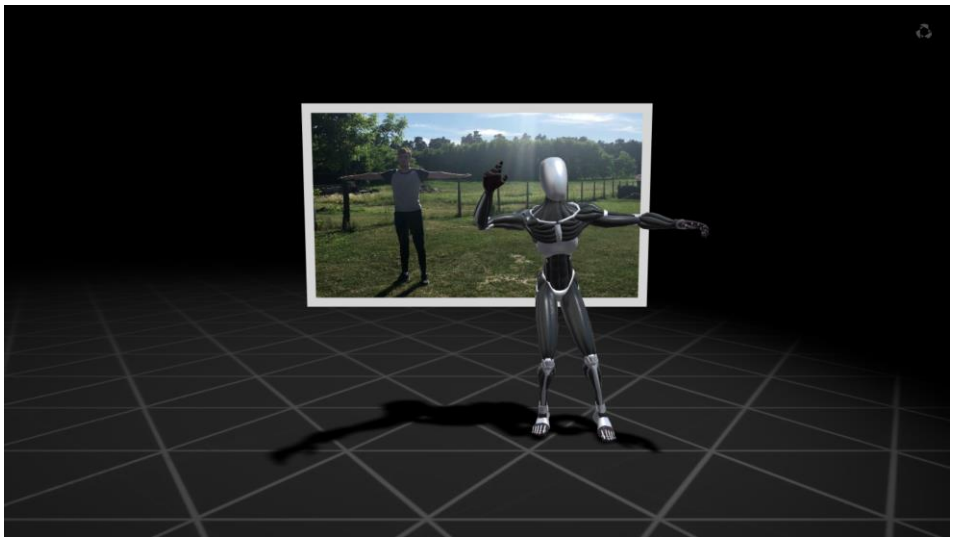
Za snimanje animacija uzet je čučanj kao referentni pokret koji je dovoljno jednostavan, a s druge strane pokazuje mnoge nepravilnosti i ispravnosti u izvođenju istog, odnosno u animaciji istog. Iako je isprva zamišljeno kako bi se završni rad temeljio na različitosti pokreta, pozadine i osvjetljenja, zbog određenog utjecaja nepredvidivih faktora, rad je bilo primorano obaviti na ograničen način. Kako bi rad ostao u krugu teme, odlučeno je izraditi jedan primjer kretnje na različitim uređajima, sa nekoliko različitih faktora pozadine i osvjetljenja. Nastojalo se na osnovu jedne jednostavne kretnje proučiti ispravnost pokreta i djelovanje aplikacije. Za rad, korišteni su mobilni uređaji, DSLR kamera, stativ, zeleno i crno platno, uredska i studijska rasvjeta, te priroda. Kako bi se snimljeni pokreti prenijeli na cloud i kako bi se stvorila animacija potrebno je bilo snimiti pokrete putem mobilnog uređaja ili kamere te ih po potrebi skratiti na željenu duljinu. Nakon toga slijedio je prijenos snimljenog pokreta točnije videa na cloud memoriju te se nakon toga stvarala animacija u sustavima aplikacije RADiCAL. Izrada animacije trajala bi nekoliko trenutaka ili sati te bi se kao finalan rezultat dobila usporedba videa sa 3D modelom na kojeg su primijenjeni više ili manje ispravni pokreti snimanog subjekta.

Za početak uzeto je zeleno platno koje je uvelike poznato u filmskoj industriji za izradu razno raznih scena koje je gotovo nemoguće snimiti uživo. Stoga se koristi zeleno platno jer ono je najkontrastnije u odnosu na kožu i odjeću glumaca. Ovisno o tipu i želji snimanja, snimi se određeni subjekt kojem nije dozvoljeno nošenje zelene odjeće, te se kasnije u postprodukciji zelena pozadina ili dio pozadine zamjenjuje određenim izgledom.



Slika 4.1 Kalibracijska T poza

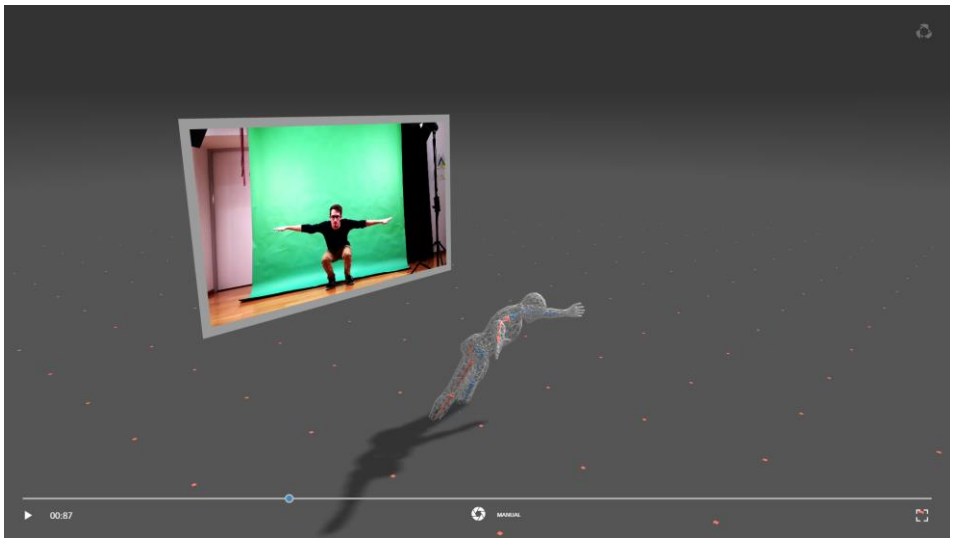
Svaka od animacija kao što je već napominjano započinje kalibracijskom pozom kako bi se identificirao subjekt kojeg se snima te kako bi konačan rezultat animacije izgledao što realnije. Unatoč kalibriranju aplikacije putem T poze subjekta javljaju se određeni logični nedostaci u izradi animacije. Svaki 3D model na konačnom rezultatu u kalibracijskoj pozi nagnut je prema naprijed sa gornjim dijelom tijela, ruke nisu pod kutom od 180 stupnjeva po horizontali već su blago pomaknute prema dolje, te isto tako i po vertikalnoj osi pomaknute su prema unutra. Također gornji dio leđa osim što je nagnut prema naprijed, lijeva strana je blago zarotirana u odnosu na desnu stranu. Anomalije poput tih povezane su s nedostatkom treće osi odnosno dubine. Kamera koja snima subjekta nije u mogućnosti vidjeti nagib tijela i položaj ruku u svim osima, stoga se prema algoritmima takve stvari nadopunjuju pretpostavkama, a kasnije se mogu u postprodukciji dodatno obraditi i korektno posložiti.



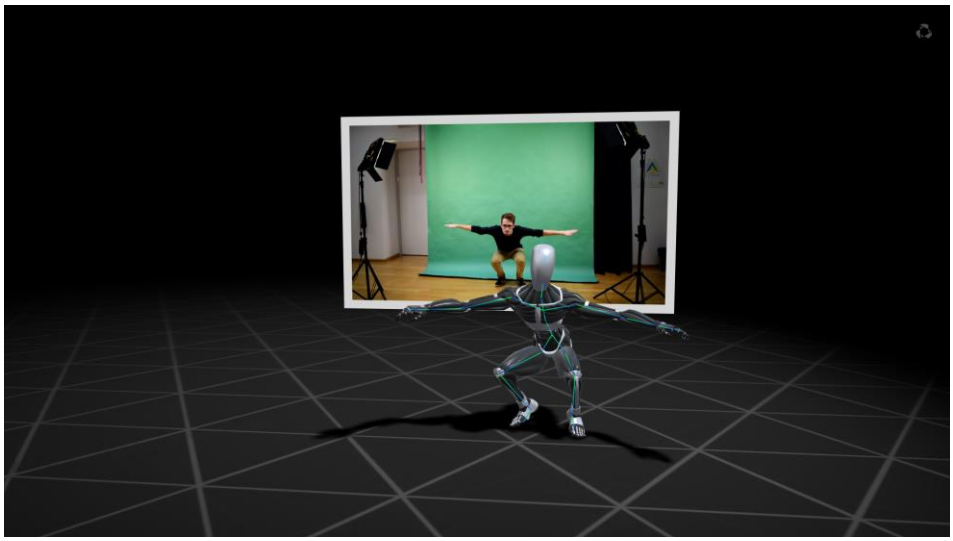
Slika 4.2 Kalibracijska T poza - priroda kao pozadina

Jedna od anomalija koja se javila jest položaj desne ruke modela kod prirode kao pozadine. Pogreška je nastala zbog nedostatka kontrasta između ruke i pozadine, odnosno zbog nedovoljnog osvjetljenja na snimanog subjekta. Isto tako kod ove animacije previše svijetla nalazi se iza subjekta što je moguće utjecalo na sam rezultat kreirane animacije.

Prvi primjer animacije čučnja kreiran je na zelenoj pozadini sa studijskom i uredskom rasvjetom. Jedno studijsko svijetlo osvjetljava subjekta, drugo „razbija“ sjene, dok uredska rasvjeta služi kao dodatno osvjetljenje subjekta. Snimani subjekt se za početak nalazio na uredskoj podlozi odnosno parketu, što je rezultiralo anomalijom prikazanom na slici.



Slika 4.3 Čučanj snimljen kamerom mobilnog uređaja

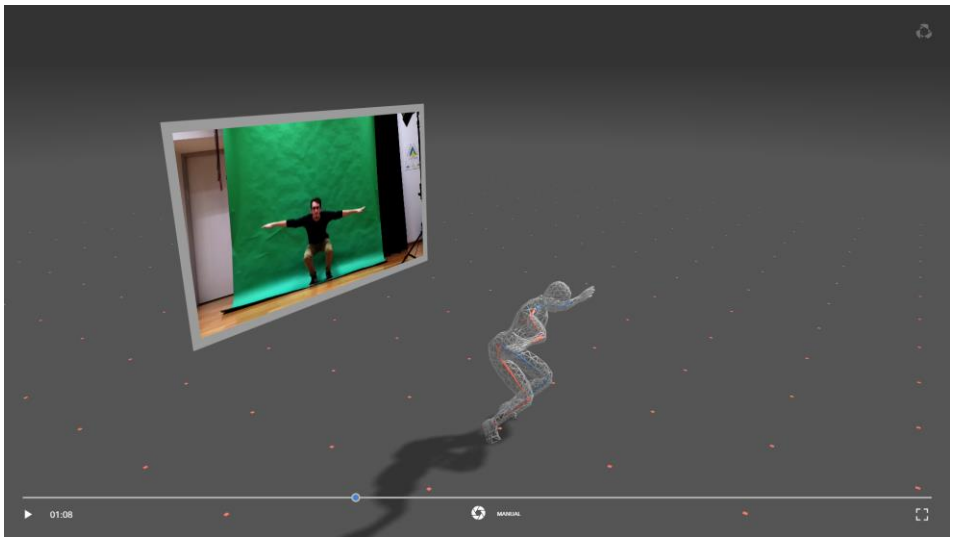


Slika 4.4 Čučanj snimljen DSLR kamerom

Kao što se vidi iz priložene animacije snimljene kamerom mobilnog uređaja (Slika 4.3) 3D model propadne u pod, te se određena kretnja ne izvrši na način na koji je subjekt to izradio. Kod animacije snimljene DSLR kamerom (Slika 4.4) čučanj se izvede pravilno. Anomalije se zapravo događaju na području sjena između nogu gdje sustav teško pronalazi fizionomiju subjekta stoga se dogodi prikazana pogreška. Kod drugog slučaja, na području nogu, izvija se desna noga 3D modela gdje izgled istog izgleda nerealno, no opet realnije nego u prvom primjeru. Ove anomalije i odnos bolje i lošije verzije animacije, su vrlo vjerojatno isključivo posljedica specifikacija kamere. Obje snimke odnosno animacije nastale su u isto vrijeme i sa istim pokretom.

U drugom slučaju testirana je ispravnost sustava s preinakom u položaju stajališta subjekta. Obzirom na anomalije u prethodnom slučaju gdje je subjekt stajao van zelene pozadine, točnije stajao je na drugačijoj podlozi nego sama podloga, u ovom slučaju uzeta je ista boja podloge kao i pozadina. Isti pokret snimljen je s mobilnom i DSLR kamerom pod uredskom rasvjetom.

Kod animacije snimljene mobilnim uređajem u odnosu na prethodni primjer dogodila su se poboljšanja. Model nije toliko ulazio u podlogu u odnosu na prethodni primjer te je sama animacija izgledala realnije. Određene pogreške su se ipak pojavile. Modelu su se, osim položaja nogu na podlozi, određeni ručni zglobovi izokretali na neprirodan način (Slika 4.). Posljedica toga je kontrast ruku i odjeće subjekta te specifikacije mobilne kamere.



Slika 4.5 Čučanj s promijenjenom podlogom - mobilna kamera

Kod animacije zabilježene DSLR kamerom nije se dogodila velika promjena u položaju 3D modela u odnosu na prvi primjer s različitim podlogama stajališta.



Slika 4.6 Čučanj s promijenjenom podlogom - DSLR kamera

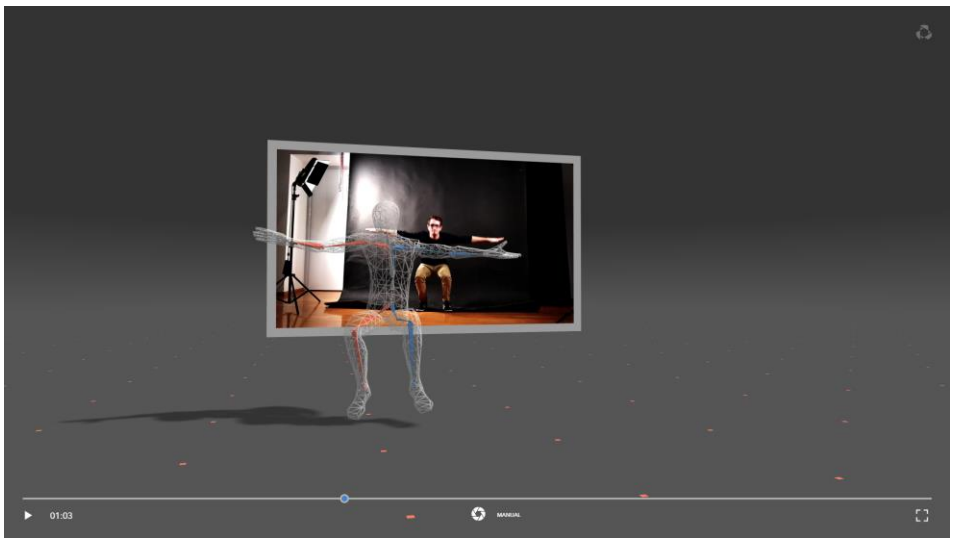
Treći primjer sadrži crnu pozadinu kao i istu boju podloge stajališta subjekta. Uzeto je u obzir kako odnos pozadine i podloge stvara probleme oko krajnjeg rezultata, stoga se pomoću ovog primjera željela prikazati ispravnost u korištenju istih boja podloge, točnije pozadine. Primjer je sniman pomoću mobilne i DSLR kamere u različitim svjetlosnim uvjetima s ciljem dodatnog proučavanja sustava aplikacije kao i njene kvalitete izrade animacije.

U prvom slučaju korišteno je jedno studijsko svijetlo s mobilnom kamerom. Zbog veće količine tamnih odjevnih predmeta te lošeg osvjetljenja pretpostavka je bila da će krajnji rezultat animacije biti kaotičan. On je sadržavao neke od anomalija koje su se stvorile i u prethodnim primjerima kod većeg osvjetljenja poput izvijanja zgloba ruke, te prolaska stopala kroz podlogu.



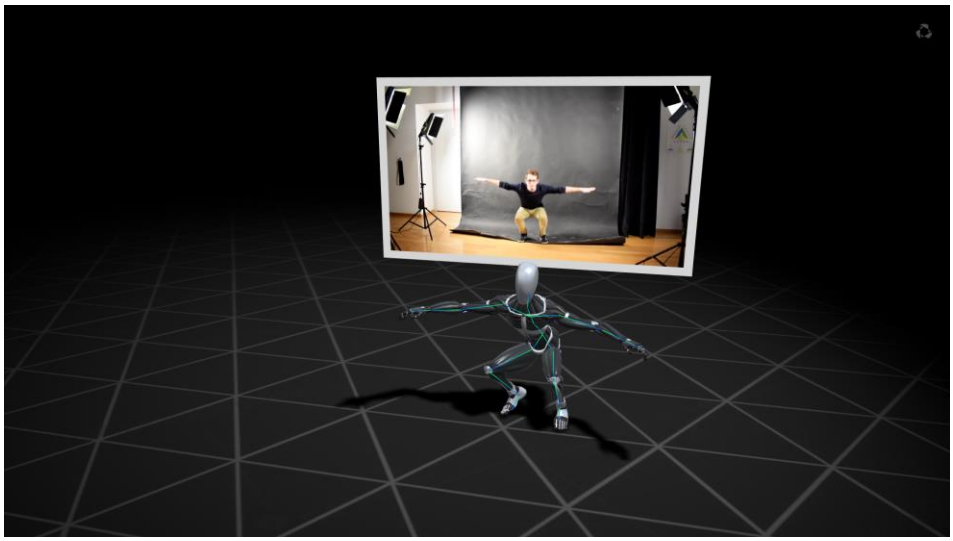
Slika 4.7 Čučanj na crnoj pozadini i podlozi - mobilna kamera

Osim navedenih, problem se stvorio kad se u izvornoj snimci subjekt počne podizati iz položaja čučnja gdje se zbog niske razine kontrast između nogu i pozadine te lošeg osvjetljenja subjekta, stopalo odnosno lijeva noga modela podigne na višu razinu u odnosu na desnu nogu. (Slika 4.8) Unatoč problemima koji su se stvorili u animaciji krajnji rezultat opovrgnuo je pretpostavku kaotičnosti s minimalnim stvaranjem problema. Samim time iz primjera se može vidjeti kako sustav prepoznaje fizionomiju čovjeka i kod smanjenih uvjeta rasvjete odnosno preglednosti.



Slika 4.8 Podizanje subjekta iz položaja čučnja

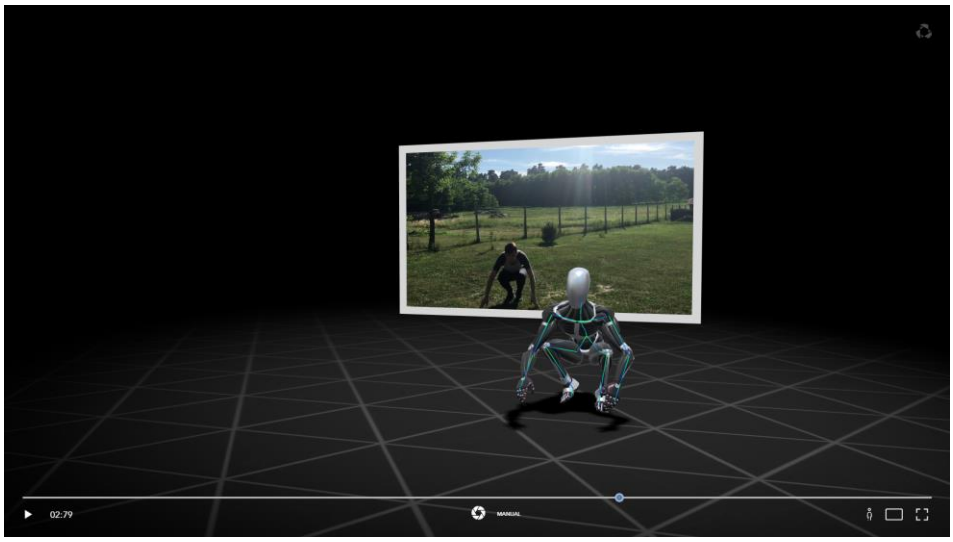
S druge strane rasvjeta i način odabira boje pozadine i podloge te stajališta subjekta ne pravi preveliku razliku u odnosu na prethodne slučajeve. (Slika 4.9) 3D model nalazi se gotovo u identičnom položaju kao i kod prethodna dva primjera s minimalnim pogreškama u reprezentiranju pokreta subjekta.



Slika 4.9 Čučanj na crnoj pozadini i podlozi - DSLR kamera

Za četvrti primjer uzeta ja priroda kao pozadina i podloga. Za izvedbu istih korišteno je prirodno svijetlo odnosno sunčeva svijetlost, te kao i kod prethodnih primjera, mobilna i DSLR kamera. U ovom primjeru subjekt je okrenut leđima suncu, točnije kamera snima prema suncu kako bi se ispitala mogućnost sustava da snimi subjekta u uvjetima s previše svjetla. Samim time stvorila se sjena na podlozi koja bi mogla rezultirati određene probleme kod praćenja subjekta i kreiranja animacije. Rezultati su na kraju ipak bili većinski isti. Model je sadržavao relativno iste anomalije kod slučaja snimanog mobilnom kamerom, kao i kod snimanja DSLR kamerom. Jedina

razlika dogodila se, kao što je već spomenuto, kod kalibracijske poze snimanja mobilnim uređajem, gdje se modelu ruka nalazi u drugačijem položaju od položaja ruke snimanog subjekta.



Slika 4.10 Čučanj s prirodom kao pozadinom i podlogom - mobilna kamera



Slika 4.11 Čučanj s prirodom kao pozadinom i podlogom - DSLR kamera

5. Zaključak

Današnja animacija bitno se razlikuje od animacije nekada. Izgled, princip rada, brzina samo su neke od razlika koje utječu na proces izrade animacije, ali i njen finalan izgled. Evolucijski proces tipova animacije uvelike je napredovao od prvih početaka. U mnoštvu različitih tipova izrade animacije svoje mjesto našla je tehnika hvatanja pokreta. Misleći kako je ona rijedak primjer korištenja, zapravo velik broj animacija izrađuje se putem iste. Izrađuju se mnogi filmovi, video igre i druge animacije koje svojim izgledom i značajem prenose informacije i ostavljaju pozitivan dojam kod krajnjih korisnika, točnije gledatelja.

Osim što ima široku primjenu, koristi se u mnogim podvrstama izrade koje u određenim situacijama olakšavaju kreiranje zanimljivog i istraživačkog sadržaja. Svaka od podtehnika sadrži mane i vrline o kojima ovisi princip i jednostavnost izrade. Stoga je izmišljena markerless tehnika kao jedna od jednostavnijih tehnika izrade animacije putem hvatanja pokreta. Kako bi se ona što više pojednostavila, izrađene su brojne pogodnosti koje ubrzavaju razvoj i izradu animacije. Jedna od tih je i aplikacija RADiCAL koja svodi tehnološke resurse na minimum, odnosno na mobilnu kameru i pristup internetu koje danas velika većina posjeduje.

Iako je ovakav način kreiranja animacije još u usponu, aplikacija RADiCAL daje dovoljno dobre i zadovoljavajuće rezultate obzirom na trenutno stanje takve tehnologije. Naravno, jedan od bitnih parametara za kvalitetan sadržaj jest odgovornost korisnika koji se upuštaju u kreiranje istog. Svojim kamerama na mobilnim uređajima koje su danas uvelike razvijene, ali i drugim tipovima tehnologija istih namjena mogu pridonijeti boljem ili lošijem finalnom rezultatu. Ovaj rad djelomično se temelji i na toj podijeli gdje se iz praktičnog dijela rada može vidjeti ovisnost konačnog rezultata o kvaliteti kamere. Bez obzira na to što se bolji rezultati ostvaruju putem obične kamere, mobilne kamere stvaraju veliku konkurenciju, a i samim time daju dovoljno razvijenu kvalitetu te je postupak brži od snimanja zasebnom kamerom.

Bez obzira što animacije koje proizlaze iz aplikacije nisu identične kretnjama subjekta i što se stvaraju određene anomalije koje iziskuju dodatne obrade i čišćenja, one predstavljaju revolucionarni pokret u području animacije.

U Varaždinu, _____ _____

Potpis studenta

6. Literatura

[1] R. Munitić: Estetika animacije, Vedis, Zagreb, 2012.

[2] D. Brček: Izrada animiranog 3D UNIN logotipa, Završni rad, Sveučilište Sjever, Varaždin, 2019.

[3] D. Ravnik: Proces izrade 3D modela u Blenderu za računalne igre, Završni rad, Sveučilište Jurja Dobrile u Puli, Pula, 2018.

[4] M. Ajanović: Animacija i realizam, Hrvatski filmski savez, Zagreb, 2004.

[5] M. Jean: Kad animacija susreće žive, Udruga 25 FPS, Zagreb, 2007.

[6] R. Ružić: Animacija liku u računalnoj igri: Nogometni udarac, Završni rad, Sveučilište u Rijeci, Rijeka, 2019.

[7] The history of animation, dosutpno na: http://history-of-animation.webflow.io, pristupano: 15.04.2020.

[8] Laterna Magica – the simple device that changed the way we view the world, dostupno na: https://www.canon-europe.com/view/laterna-magica/, pristupano: 15.04.2020.

[9] 20 different types of animation techniques and styles, dostupno na: https://webneel.com/different-types-of-animation-styles, pristupano: 15.04.2020.

[10] P. Mrazović: Postupci animacije ljudskih likova, Završni rad, FER, Zagreb, 2011.

[11] A. M. Rajić: Autodesk Maya – Animiranje i izrada crtića, Završni rad, Sveučilište Sjever, Varaždin, 2015.

[12] Animirani film, dostupno na: https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=2819, pristupano: 15.04.2020.

[13] Multiplane cameras, dostupno na: https://animationschooldaily.com/multiplane-cameras/, pristupano: 15.04.2020.

[14] N. Očić: Animirani objekti u okruženju Unity, Završni rad, FER, Zagreb, 2013.

[15] B. Maričić: Izrada animacije, Završni rad, Grafički fakultet Zagreb, Zagreb, 2015.

[16] 12 popular techniques in 3D animation, dostupno na: http://www.ocula.co.uk/motion-graphics/12-popular-techniques-3d-animation/, pristupano: 15.04.2020.

[17] 6 different types of animation, dostupno na: http://www.studentworldonline.com/article/6-different-types-of-animation/495/, pristupano: 15.04.2020.

[18] Creative animation world 3, dostupno na: https://caworld3.wordpress.com/tag/2d-animation/, pristupano: 15.04.2020.

[19] A. Čep: Izrada kostura i kreiranje karakter animacija za videoigre, Završni rad, Sveučilište Sjever, Varaždin, 2019.

[20] Stop motion animation, dostupno na: https://www.techopedia.com/definition/109/stop-motion-animation, pristupano: 15.04.2020.

[21] B. Vuković: 3D modeliranje i animacija, Završni rad, Grafički fakultet Zagreb, Zagreb, 2012.

[22] F. Vujčić: Primjena 3D modela i proširene stvarnosti u svrhu promocije grada Đurđevca, Završni rad, Sveučilište Sjever, Varaždin, 2018.

[23] Što je animacija, dostupno na: https://www.oxfordwebstudio.com/da-li-znate/sta-je-animacija.html, pristupano: 15.04.2020.

[24] Skeletal based animation, dostupno na: https://marionettestudio.com/skeletal-animation/, pristupano: 15.04.2020.

[25] M. Kitagawa, B. Windsor: MoCap for Artists: workflow and techniques for motion capture, Elsevier Inc., Burlington, Massachusetts, 2008.
[26] Meta motion, dostupno na: https://metamotion.com, pristupano: 29.04.2020.
[27] Motion-capture mania, dostupno na: http://www.cgw.com/Publications/CGW/2012/Volume-35-Issue-3-April-May-2012/Motion-Capture-Mania.aspx, pristupano: 29.04.2020.
[28] L. Kessler: Analiza krivulje privlačnosti u odnosu na realnost izgleda ispitanog subjekta, Završni rad, Grafički fakultet Zagreb, Zagreb, 2014.
[29] N. Konstantino, A. Vincentelli, C. Yoon: Techniques in motion capture, Završni rad, Worcester Playtechnic Institute, Worcester, Massachusetts, 2012.
[30] J. Bell: American puppet modernism: Essays on the material world in performance, Palgrave Macmillan, New York, NY, 2008.
[31] D. J. Sturman: A brief history of motion capture for computer character animation, SIGGRAPH 94, 1994.
[32] P.Marić: Digitalizacija pokreta, Završni rad, Filozofski fakultet Zagreb, Zagreb, 2011.
[33] Xsens motion capture, dostupno na: https://www.xsens.com, pristupano: 29.04.2020.
[34] What is motion capture technology?, dostupno na: https://www.wisegeek.com/what-is-motion-capture-technology.htm, prisutpano: 29.04.2020.
[35] Robert Abel & Associates, dostupno na: https://citinite.wordpress.com/2007/12/28/robert-abel-associates/, pristupano: 29.04.2020.
[36] What is kinect?, dostupno na: https://searchhealthit.techtarget.com/definition/Kinect, pristupano: 29.04.2020.
[37] S.A. Skogstad, K. Nymoen, M. Høvin: Comparing inertial and optical mocap technologies for synthesis control, SMC 2011 8th Sound and Music Computing Conference “Creativity rethinks science”, Padova, Italija, 2011. str. 421-426
[38] L. Mršić: Animacija sportskih akcija u računalnoj igri, Završni rad, Sveučilište u Rijeci, Rijeka, 2019.
[39] P. Agethen, M. Otto, S. Mengel, E. Rukzio: Usig marker-less motion capture systems for walk path analysis in paced assembly flow lines, Procedia CIRP Volume 54, Gjøvik, Norveška, 2016., str. 152-157
[40] D. Parkinson: Film, SysPrint, Zagreb, 1999.

7. Popis slika

Slika 2.1 Špiljski crtež prikazivanja kretnje,
Izvor: https://journals.openedition.org/palethnologie/861 4
Slika 2.2 Shahr-e Sukhteh, Izvor: http://history-of-animation.webflow.io 4
Slika 2.3 Princip rada laterne magice,
Izvor: https://www.akg-images.co.uk/archive/-2UMDHUBBTT2.html 5
Slika 2.4 Kaleidoskop (lijevo) i prikaz funkcionalnosti uređaja (desno), Izvor:
https://www.artsy.net/article/artsy-editorial-kaleidoscope-mania-seized-victorian-england ..5
Slika 2.5 Taumatrop, Izvor: https://www.handmadeplaces.co.uk/2017/10/the-big-draw/untitled-design-10/ 6
Slika 2.6 Primjer diska sa 12 sličica (lijevo) i princip vizualizacije kretnje (desno),
Izvor: http://www.mhs.ox.ac.uk/exhibits/fancy-names-and-fun-toys/phenakistiscopes/ 6
Slika 2.7 Zoetrop,
Izvor: http://www.mhs.ox.ac.uk/exhibits/fancy-names-and-fun-toys/zoetrope/ 7
Slika 2.8 Praksinoskop (lijevo) i teatar-praksinoskop (desno),
Izvor: http://animationevolve.blogspot.com/2017/03/praxinoscope.html 7
Slika 2.9 Kineograf, Izvor: https://en.wikipedia.org/wiki/Flip_book 8
Slika 2.10 Princip izrade animacije pomoću rotoskopa,
Izvor: https://en.wikipedia.org/wiki/Rotoscoping 11
Slika 2.11 Izgled multiplan kamere,
Izvor: https://blog.bcdb.com/lies-disney-told/walt-disney-invented-multi-plane-camera/ ...11
Slika 2.12 Potpuna animacija (Ljepotica i zvijer),
Izvor: https://disney.fandom.com/wiki/Beauty_and_the_Beast_(1991_film) 12
Slika 2.13 Djelomična animacija (Princeza Mononoke),
Izvor: http://www.kafaiknjiga.com/filmovi-i-serije/princeza-mononoke-princess/ 12
Slika 2.14 Rotoskopija (Alisa u Zemlji Čudesa),
Izvor: http://www.writingfordesigners.com/?p=23689 12
Slika 2.15 Glinena animacija – plastelin (Pingu),
Izvor: https://gigazine.net/gsc_news/en/20120106-pingu-the-thing/ 13
Slika 2.16 Animacija izrezivanjem (South park) (lijevo) i Siluetalna animacija (Avanture Princa Ahmeda) (desno),
Izvor: https://411mania.com/movies/south-park-1-1-review-cartman-gets-anal-probe/;
Izvor: https://homemcr.org/event/the-adventures-of-prince-achmed-live-accompaniment/ .13

Slika 2.17 Lutkarska animacija (San ljetne noći),
Izvor: http://www.filmofil.ba/jiri-trnka-za-pocetnike-pionir-ceskog-lutka-filma/ 14
Slika 2.18 Animacija modela (Jason and the Argonauts),
Izvor: https://www.britannica.com/topic/Jason-and-the-Argonauts.....14
Slika 2.19 Animacija objekta – Brickfilm (The Dandelion),
Izvor: https://www.youtube.com/watch?v=XwhmrJkDJiY 14
Slika 2.20 Fotorealistična animacija (Avanture Tintina),
Izvor: https://aminoapps.com/c/cartoon/page/blog/top-10-photorealistic-animated-movies/wKjI_ouJwLwnMBLlp0a06ankxowBgp6.....17
Slika 2.21 Cel-sjenčanje (Ni no Kuni),
Izvor: https://gamedev.stackexchange.com/questions/56541/how-do-i-create-a-cel-shaded-cartoon-look.....18
Slika 2.22 Skeletna animacija, Izvor: https://marionettestudio.com/skeletal-animation/.....18
Slika 2.23 Tehnika hvatanja pokreta,
Izvor: https://stuartfaheyfyp.wordpress.com/2013/04/13/motion-capture-explained/ 19
Slika 3.1 Mocap animacija (The Polar Express), Izvor: https://myemail.constantcontact.com/A-digital-character-MAY-have-attitude.html?soid=1103007733068&aid=GuqadCSHjEM ...20
Slika 3.2 Muybridge - Konjski galop,
Izvor: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Muybridge_race_horse_gallop.jpg 22
Slika 3.3 Marey – mocap odijelo,
Izvor: https://www.researchgate.net/figure/Mareys-motion-capture-suit-Figure-22-Exposure-showing-model-as-well-as-suit-markers_fig3_324475914.....23
Slika 3.4 Mocap odijelo sa optičkim senzorima (Hobbit: Smaugova pustoš),
Izvor: https://www.inverse.com/article/19644-vfx-special-effects-pete-s-dragon-behind-the-scenes.....25
Slika 3.5 Kalibracijska poza T, Izvor: https://www.asc.ohio-state.edu/berezina-blackbu.1/classes/mocap/HumanProcessingBlade.html.....26
Slika 3.6 Primjer mocap odijela sa magnetskim senzorima,
Izvor: https://www.researchgate.net/figure/A-performer-wearing-a-motion-capture-apparatus-The-device-shown-is-a-full-body-magnetic_fig4_2359279 29
Slika 3.7 Primjer mocap odijela sa mehaničkim senzorima, Izvor: https://www.reddit.com/r/arduino/comments/ckcvc/i_am_building_a_mechanical_motion_capture_suit_i/ 30
Slika 3.8 Primjer mocap odijela sa inercijskim senzorima,
Izvor: https://www.xsens.com/products/mvn-animate 31

Slika 4.1 Kalibracijska T poza.....33
Slika 4.2 Kalibracijska T poza - priroda kao pozadina.....34
Slika 4.3 Čučanj snimljen kamerom mobilnog uređaja.....35
Slika 4.4 Čučanj snimljen DSLR kamerom.....35
Slika 4.5 Čučanj s promijenjenom podlogom - mobilna kamera.....36
Slika 4.6 Čučanj s promijenjenom podlogom - DSLR kamera.....36
Slika 4.7 Čučanj na crnoj pozadini i podlozi - mobilna kamera.....37
Slika 4.8 Podizanje subjekta iz položaja čučnja.....38
Slika 4.9 Čučanj na crnoj pozadini i podlozi - DSLR kamera.....38
Slika 4.10 Čučanj s prirodom kao pozadinom i podlogom - mobilna kamera.....39
Slika 4.11 Čučanj s prirodom kao pozadinom i podlogom - DSLR kamera.....39

8. Prilozi

DVD

Sveučilište
Sjever

SVEUČILIŠTE
SJEVER

IZJAVA O AUTORSTVU
I
SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, Alan Topljak *(ime i prezime)* pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/~~diplomskog~~ *(obrisati nepotrebno)* rada pod naslovom Testiranje mobilne aplikacije za izradu motion capture animacija *(upisati naslov)* te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:
(upisati ime i prezime)
Alan Topljak
(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnost i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Ja, Alan Topljak *(ime i prezime)* neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom završnog/~~diplomskog~~ *(obrisati nepotrebno)* rada pod naslovom Testiranje mobilne aplikacije za izradu motion capture animacija *(upisati naslov)* čiji sam autor/ica.

Student/ica:
(upisati ime i prezime)
Alan Topljak
(vlastoručni potpis)