

Interaktivni modeli Ferdinanda i Sofije za projekat Virtuelnog muzeja sarajevskog atentata

Selma Rizvić, Amela Krezić
Elektrotehnički fakultet Sarajevo
E-mail: srizvic@etf.unsa.ba

Abstrakt - U procesu kreiranja Virtuelnog muzeja sarajevskog atentata izvršena je digitalizacija pojedinih eksponata. Među tim eksponatima su i statue Franca Ferdinanda i njegove supruge Sofije. Ovaj rad opisuje proces modeliranja tih likova i njihove odjeće korištenjem Autodesk 3ds max i Autodesk Maya softverskih paketa, te korištenje web 3D tehnologija u prezentaciji dobijenog 3D sadržaja na Internetu, kao i moguće dodatne primjene ovih modela u procesu animirane rekonstrukcije čina atentata.

Keywords - Virtualni muzej, 3d, NURBS, Constraint, frejm, web 3d

1. UVOD

Kulturno naslijeđe je u UNESCO-vim dokumentima objašnjeno kao “naša ostavština iz prošlosti, ono sa čim živimo danas i ono što prenosimo na buduće generacije”. [1] Različitost kulturnog naslijeđa u svijetu u kojem živimo nezamjenjiv je izvor duhovnog bogatstva. Stoga je to bogatstvo potrebno pažljivo čuvati i učiniti dostupnim javnosti. Sa razvojem tehnologije kompjuterske grafike i tehnika 3D modeliranja omogućena je digitalizacija kulturnog naslijeđa, kao još jedan način očuvanja i promovisanja objekata kulturnog naslijeđa. Trodimenzionalno modeliranje omogućava kreiranje realističnih 3D modela kao i rekonstrukciju predmeta kulturnog naslijeđa sa zavidnim stepenom autentičnosti. [2] Web 3D tehnologije omogućavaju prezentaciju 3D, audio i video sadržaja na web stranicama, te interakciju korisnika sa virtuelnom scenom.

Digitalizacijom kulturnog naslijeđa se omogućava kreiranje virtuelnih muzeja, što doprinosi razvoju virtuelnog turizma. Virtualni muzej podrazumjeva korištenje informacionih tehnologija za uspostavljanje pristupa i konteksta. Internet otvara virtualni muzej za interaktivni dijalog sa virtualnim posjetiocima. [3] Iskustvo virtualnog muzeja, je povezano sa doživljajem stvarnog muzeja.

Austrijski nadvojvoda Franc Ferdinand i njegova supruga Sofija, vojvotkinja Hohenberga, su značajna imena svjetske historije. Prilikom njihove posjete Sarajevu 28.6.1914. godine, poginuli su u atentatu koji je izvršio Gavrilo Princip, pripadnik organizacije Crna ruka. Ovaj atentat je bio povodom Prvog svjetskog rata. U Muzeju Atentata u Sarajevu se danas nalaze statue Sofije i Franca Ferdinanda.

2. 3D MODELIRANJE

U zadacima digitalizacije kulturnog naslijeđa i 3D modeliranja, veliki izazov predstavlja modeliranje površina slobodnog oblika, koje imaju kompleksnu i nepravilnu geometriju, što je zahtijevalo razvoj posebnih metoda modeliranja, kao što je NURBS modeliranje. U kompjuterskoj grafici postoji nekoliko metoda 3D modeliranja kao što su modeliranje pomoću geometrijskih primitiva, poligonalno modeliranje, patch modeliranje i NURBS modeliranje.[4]

2.1. Modeliranje likova Sofije i Franca Ferdinada

Budući da je geometrija ljudskog lica i tijela složena, često se koristi već kreirani model ljudskog lika. Zatim se taj model transformiše u individualizirani model, korištenjem antropometrijskih informacija ili fotografija. Kvalitet tako nastalog modela će zavisi od kvaliteta samog polaznog modela kao i od primjenjenih transformacija. [5] Ova metoda je korištena i prilikom modeliranja likova Sofije i Franca Ferdinanda. Već kreirani 3D modeli ljudi su downloadovani sa stranice www.turbosquid.com. [6] Modeli su modifikovani u Autodesk 3ds max-u. Autodesk 3ds max je softverski paket za modeliranje, animaciju i rendering.

Bilo je potrebno sakupiti informacije o izgledu Sofije i Franca Ferdinanda. U Muzeju Atentata u Sarajevu se nalaze njihove statue (slika 1.). Bilo je potrebno fotografisati statue, lica statua, kao i pojedine detalje vezane za odjeću, kako bi se moglo pristupiti modeliranju lika i odjeće.

U skladu sa fotografijama statua, vršene su transformacije na modelima, pomoću dostupnih alata transformacije (scale, rotate, move). Na slikama 2. i 3. prikazani su modificirani modeli lica sa teksturama. Teksture su rađene u Adobe Photoshop-u, u skladu sa fotografijama statua.



Slika 1. Statue Sofije i Franca Ferdinanda



Slika 2. Model Sofijinog lica sa teksturama



Slika 3. Model lica Franca Ferdinanda sa teksturama

3. MODELIRANJE ODJEĆE

Vizualno predstavljanje tkanine je oduvijek predstavljalo izazov za čovjeka od gracioznih haljina rimskih skulptura, raskošnih tkanina prikazanih na renesansnim slikama do danas kada predstavlja i izazov za kompjutersku grafiku. Platno ne posjeduje statičnu formu koja se može modelirati korištenjem

jednostavnih geometrijskih oblika. Kompleksno ponašanje tkanine i kompleksni načini njene deformacije zahtijevaju razvoj jedinstvenih metoda za modeliranje odjeće.

Kako bi se što realističnije simulirale osobine tkanine, u programima za kompjutersku grafiku, implementirani su algoritmi koji izračunavaju poziciju i oblik platna u sceni, koristeći osnovne formule Newtonovih zakona kretanja.

Postoje tri osnovna pristupa modeliranju odjeće:

- geometrijski pristup,
- fizikalni pristup,
- pristup na bazi energije i čestica ('particles/energy' pristup). [7]

Geometrijski bazirana metoda modeliranja tkanine je najstarija metoda modeliranja odjeće koju je razvio Jerry Weil 1986. godine. Izgled odjeće se aproksimira posmatrajući odjeću kao niz linija i koristeći funkciju hiperboličnog kosinusa. Ova metoda se fokusira na kreiranje realističnog izgleda odjeće, npr. na kreiranje nabora, ali ne uzima u obzir svojstva različitih materijala od kojih se sastoji odjeća.

Fizikalni pristup omogućava kreiranje realističnijeg izgleda odjeće kao i njenih stvarnih fizikalnih karakteristika, uzimajući u obzir osobine materijala. Odjeća se posmatra kao mreža tačaka (eng. particles), koje su međusobno povezane elastičnim nitima i pri čemu svaka tačka ima određenu masu. Oblik odjeće se izračunava tako što se tačke pozicioniraju na način da postignu minimalno energetska stanje.

Konačno, pristup na bazi energije i čestica, obogaćuje fizikalni pristup sa novim atributima energije. Odjeća se i dalje posmatra kao mreža tačaka, s tim što su tačke u direktnoj energetskoj interakciji, umjesto da se te interakcije prenose elastičnim nitima, kao u prethodnom modelu. I u ovom modelu je primijenjen princip minimalne energije. [8]

3.1. Modeliranje odjeće u Autodesk 3ds max softverskom paketu

Sofijina odjeća je modelirana u Autodesk 3ds max-u, korištenjem Cloth plug-in-a.

Cloth plug-in u 3ds max-u je mehanizam za simulaciju svojstava tkanine. Primjenom cloth modifikatora moguće je konvertovati bilo koji 3d objekat u tkaninu.

Osnovni koraci prilikom modeliranja odjeće u 3ds max-u su:

- kreiranje Cloth objekata (kreiranje osnovnog oblika objekta na koji će se primijeniti Cloth modifikator),
- definisanje parametara cloth modifikatora (definisanje parametara Cloth objekta, kolizionih objekata, vanjskih sila i kreiranje ograničenja)
- Cloth simulacija.

Cloth simulacija je proces repliciranja pokreta i deformacija tkanine određenog materijala s ciljem oponašanja reakcija tkanine u stvarnom svijetu. [9] Za uspješnu simulaciju, potrebno je da u sceni budu prisutni Cloth objekat, kolizioni objekat s kojim će modelirani komad tkanine biti u interakciji, te sile kao što su gravitacija i vjetar. Pomoću Cloth modifikatora se simulacionom sistemu kaže koji objekat u sceni treba da se ponaša kao tkanina, a koji objekat je kolizioni objekat. [10]

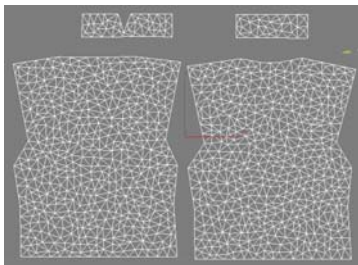
Kada pozicioniramo 3d model tkanine na kolizioni objekat cilj je da se komad odjeće deformiše oko kolizionog objekta, a ne da tokom simulacije prolazi kroz kolizioni objekat. Ovo se postiže detekcijom kolizije. Virtualni senzori (feeler-i) se šalju iz verteksa cloth objekta, te ispituju da li postoji neki objekat s kojim mogu stupiti u koliziju. Kada jedan od feeler-a detektuje kolizioni objekat simulacija će deformisati tkaninu. [10]

3.2. Kreiranje Cloth objekata

Razlikujemo dva načina kreiranja cloth objekata u 3ds max-u:

- kreiranje Cloth objekta iz poligonalnih trodimenzionalnih objekata,
- kreiranje Cloth objekata pomoću dvodimenzionalnih krojnih planova.

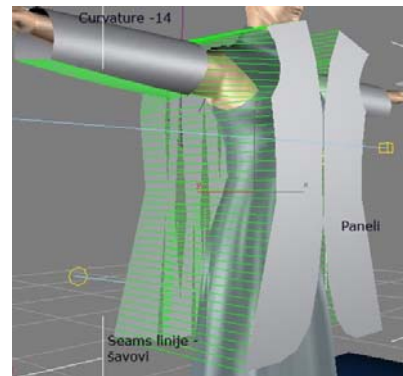
Cloth modifikator se može primjeniti na 3D poligonalne objekte. Najprije se kreira trodimenzionalni poligonalni model odjevnog predmeta. Zatim se na taj objekat primjenjuje Cloth modifikator.



Slika 4. Krojni plan u 3ds max-u (Sofijina košulja)

Drugi način kreiranja odjeće je kreiranjem dvodimenzionalnih krojnih planova koji se mogu direktno crtati u 3ds max-u ili importovati iz programa specijaliziranih za kreiranje krojnih šablona (FashionCAD ili PatternMaker). Ovaj način kreiranja Cloth objekata je vrlo sličan načinu na koji se u stvarnosti kreira odjeća. Na kreirani krojni plan se primjeni Garment Maker modifikator. Garment Maker modifikator omogućava da se, krojni planovi sastavljeni od niza zatvorenih linija, konvertuju u mesh objekte i da se izvrši subdivizija površine objekta korištenjem Delaunay algoritma, koji se zasniva na slučajnoj triangulaciji. Time se sprječava savijanje odjeće duž prostih linija što je izazavano simetričnim šablonima. [9] Na slici 4. prikazan je

krojni plan Sofijine košulje nakon primjene Garment Maker modifikatora.



Slika 5. Paneli i šavovi Sofijinog kaputa

Garment Maker modifikator omogućava da se rasporede tako kreirani krojni dijelovi (paneli), te da se kreiraju šavovi (Seams linije) kojima se definišu ivice panela koje će tokom Cloth simulacije biti međusobno zašivene. Omogućeno je i podešavanje niza osobina u okviru Garment Maker modifikatora od kojih izdvajano zakrivljenost i gustinu panela, te definisanje ugla nabora između dva panela. Pozicionirani paneli Sofijinog kaputa sa Seams linijama i definisanim parametrom zakrivljenosti (Curvature) su prikazani na slici 5.

Nakon kreiranja početnog oblika Cloth objekta, primjenjuje se Cloth modifikator i pokreće se Cloth simulacija.

3.3. Cloth modifikator i Cloth simulacija

Cloth modifikator je srce Cloth sistema. Instanca ovog modifikatora se primjenjuje na sve objekte u sceni koji će biti dio cloth simulacije, što podrazumjeva i cloth i kolizione objekte.

Pomoću Cloth modifikatora se definiše koji objekti u sceni treba da se ponašaju kao tkanina, a koji kao kolizioni objekti. U Object Properties prozoru je omogućeno i definisanje osobina tkanine. Također je omogućeno da se različitim panelima dodjele osobine različitih tkanina. U Object Properties prozoru moguće je podesiti niz osobina cloth objekata kao što su otpor ka savijanju, otpornost prema zraku, dinamičko trenje između cloth objekata i čvrstih objekata, otpornost prema rastezanju, virtualna debljina tkanine, težina odjeće po jedinici površine (gm/cm²) itd. Na primjeru simulacije kragne Sofijinog kaputa (slika 6.) vidimo razliku u ponašanju tkanine u zavisnosti od vrijednosti U Bend/V Bend parametra (otpornost prema savijanju).

Osim podešavanja osobina tkanine potrebno je podesiti i osobine kolizionog objekta, oko kojeg se Cloth objekat treba saviti tokom simulacije. Offset parametrom se definira udaljenost između Cloth i kolizionog objekta.



Slika 6. (lijevo) U Bend/V Bend=1.0 (desno) U Bend/V Bend=25.0

Moguće je kreirati ograničenja (constraint) i time ograničiti kretanje selektovane grupe verteksa Cloth objekta tokom simulacije. Moguće je definisati različite vrste ograničenja kao što je Surface ograničenje. Korišteno je kako bi se grupa verteksa Sofijine suknje “vezala” za Sofijin struk. Bez tog ograničenja suknja pod utjecajem sile gravitacije klizi sa struka.

Podešavanje parametara simulacije podrazumjeva i specificiranje osobina simulacije kao što su gravitacija, jedinice mjere, početni i krajnji frejm. Ova podešavanja se primjenjuju na sve objekte uključene u simulaciju. Cloth sistem primjenjuje pravila fizike stvarnog svijeta, a u stvarnom svijetu zavjesa i maramica se ponašaju drugačije čak iako su kreirani od iste vrste platna, te je vrlo bitno podesiti i odnos između 3ds max-ovih jedinica i jedinica realnog svijeta.

Moguće je definisati sile u 3ds max-ovoj sceni i uključiti ih u simulaciju kako bi utjecale na deformisanje Cloth objekata. Prilikom spajanja panela kreiranih Garment Maker modifikatorom bilo je potrebno isključiti gravitacionu silu iz simulacije. Nakon što su paneli spajeni, tokom dalje simulacije, djelovanje ove sile je opet bilo uključeno u simulaciju.

Simulacija dijeli vrijeme na manje dijelove, koje nazivamo vremenskim koracima (steps). Tokom svakog vremenskog koraka predviđa se kretanje objekta. Tokom simulacije na osnovu definisanih parametara, detekcije kolizije i implementiranih zakona fizike računa se kretanje verteksa i deformacija Cloth objekta. Kada je postignut željeni rezultat simulacija se prekida.

Moguće je pokrenuti simulaciju bez kreiranja animacije (lokalna simulacija) ili odabrati opciju kojom se kreiraju podaci o animaciji koji se mogu čuvati u formi simulacionog keša, koji omogućava dalje manipulacije i editovanje animacije.

Kako bi se izbjegle dodatne kalkulacije kolizije između Cloth objekata preporučuje se da se odjeća simulira u slojevima. To znači da ako u sceni postoji više Cloth objekata, koji će biti u međusobnoj koliziji, potrebno je najprije simulirati jedan Cloth objekat. Zatim taj objekat pretvoriti u koliziorni objekat, i pokrenuti simulaciju sljedećeg Cloth

objekta. Ovakav pristup je korišten prilikom simulacije Sofijine odjeće.

3.5. Modeliranje Sofijine odjeće

Na slici 7. prikazan je krajnji rezultat modeliranja Sofijine odjeće u Autodesk 3ds max-u.

Najprije je podešen odgovarajući odnos 3ds max-ovih jedinica i jedinica realnog svijeta (cm/unit parametar). Za utvrđivanje visine Sofijinog modela u 3ds max-u korišten je tape alat. U simulaciju je uključena i gravitaciona sila.

Sofijina suknja se sastoji iz dva dijela. Kreirana je primjenom Cloth modifikatora na dva 3D poligonalna objekta. Podešene su osobine Cloth objekta kako bi se omogućilo lakše savijanje tkanine i kreiranje nabora. Kao koliziorni objekat odabran je model Sofijinog tijela.

Kreiranje sofijine košulje je prethodno opisano.



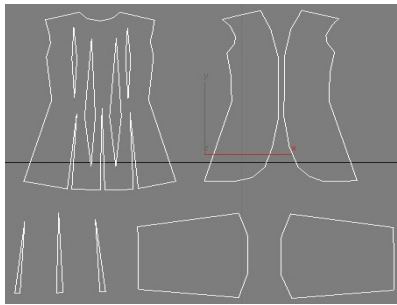
Slika 7. Model Sofije i njene odjeće

Sofijin kaput je bio nešto kompleksnijeg oblika. Kreiran je korištenjem Garment Maker modifikatora. Nacrtna je krojni plan u 3ds max-u (slika 8.), i paneli su raspoređeni oko modela tijela (slika 5.). Bilo je potrebno kreirati tri faltne na leđnom dijelu kaputa, što je ostvareno podešavanjem vrijednosti CreaseAngle parametra na 80 u Garment Maker modifikatoru. Primjenjen je Cloth modifikator i podešene su osobine Cloth objekta.

Ostali Cloth objekti kao što su kragna kaputa, traka oko Sofijinog struka, mašna, Sofijin šešir ukrašen sa tri vela, te Sofijin suncobran kreirani su iz 3D poligonalnih objekata. Na pojedine vertekse je bilo potrebno primjeniti i odgovarajuća ograničenja. Npr. prilikom kreiranja suncobrana na pojedine grupe verteksa primjenjeno je Preserve ograničenje, koje sprječava kretanje selektovane grupe verteksa tokom simulacije. Na taj način su se tokom simulacije pod utjecajem djelovanja sile gravitacije kreirali nabori na tkanini kišobrana.

Također bilo je potrebno modelirati i dodatne detalje, kao što su Sofijine naušnice, drška kišobrana

i bisere koji ukrašavaju kragnu i rukav Sofijinog kaputa.

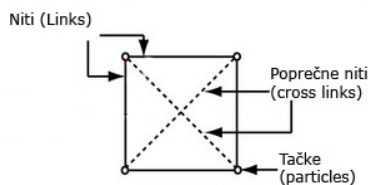


Slika 8. Krojni plan Sofijinog kaputa

3.6. Modeliranje odjeće u softverskom paketu Autodesk Maya

Autodesk Maya je softverski paket za modeliranje, animaciju i rendering, razvijen pod okriljem Alias Systems korporacije, a sada u vlasništvu kompanije Autodesk Media and Entertainment.

nCloth je veoma fleksibilan Mayin alat koji koristi sistem povezanih tačaka (eng. particles) da simulira dinamiku poligonalnih površina. nCloth se ne koristi samo kako bi se simulirala dinamika tkanine već i za simulaciju različitih krhkih površina ili površina koje se trebaju deformisati u sceni.



Slika 9. nCloth mreža

nCloth objekti se generišu iz poligonalnih objekata. nCloth objekat je mreža tačaka (particles) koje su međusobno povezane nitima (links), i na taj način kreiraju dinamičnu mrežu. Niti određuju udaljenost između tačaka, a poprečne niti (cross-links) određuju uglove između niti, što doprinosi stabilizaciji nCloth objekata.

Verteksi poligonalnog objekta predstavljaju tačke (particles) nCloth objekta, ivice predstavljaju niti nCloth objekta i iz lica poligonalnog objekta se kreiraju poprečne niti. [11]

Maya Nucleus je radni okvir za simulaciju nCloth objekata. Maya Nucleus sistem se sastoji iz nCloth objekata, kolizionih objekata i ograničenja. Kada se kreira nCloth objekat, automatski se kreira Nucleus, čvor koji čuva podatke o nCloth objektu, kao i podatke o silama koje djeluju u sceni i utječu na sve objekte koje pripadaju tom nukleusu. [13]

Osnovni koraci prilikom modeliranja odjeće u Mayi su:

- kreiranje poligonalnog objekta i pridruživanje nCloth čvora tom objektu,
- podešavanje nCloth atributa,
- podešavanje kolizija,
- podešavanje ograničenja,
- podešavanje vanjskih sila,
- simulacija.

3.7. Podešavanje osobina nCloth objekta i nCloth simulacije

Konvertovanjem poligonalnog objekta u nCloth objekat, kreiraju se nClothShape i Nucleus čvorovi. nClothShape čvor sadrži podatke o osobinama tkanine a Nucleus čvor sadrži podatke o silama koje će utjecati na ponašanje objekta u sceni. Također se generiraju niti, poprečne niti i tačke nCloth objekta iz ivica, lica i verteksa poligonalnog objekta. Svaki nCloth objekat sastoji se iz ulaznog (pMeshShape) i izlaznog (outputCloth) objekta. Ulazni objekat je zapravo početno stanje simulacije nCloth objekta. To je poligonalni oblik koji sam korisnik kreira.

Podešavanjem parametara nClothShape čvora definira se ponašanje tkanine, odnosno nCloth objekta. Definišu se fizikalne karakteristike tkanine, kao i njeno ponašanje u interakciji sa drugim objektima. nClothShape parametri su podijeljeni u 6 grupa: osobine kolizije, dinamičke osobine, osobine generisanja sile, osobine generisanja vjetra, kvalitativne postavke i paramteri pritiska.



Slika 10. a) SR=1.0 b) SR=50.0

Dinamičke osobine definiraju osobine tkanine kao što su otpor prema rastezanju tkanine, masa nCloth objekta, tromost kretanja nCloth objekta itd. Na slici 10. su prikazani rezultati simulacije trake koja pada niz Franzov kaput sa različitim vrijednostima Stretch Resistance (SR) parametra (otpor prema rastezanju). Ove osobine mogu biti definisane manuelno ili automatski, odabirom odgovarajućeg materijala iz Presets liste. Omogućeno je da vrijednosti odabranog materijala u potpunosti ili u određenom postotku zamjene trenutne vrijednosti dinamičkih parametara. To omogućava jednostavnije definisanje vrijednosti dinamičkih parametara za tkanine koje su mješavina

više materijala, što i jeste slučaj sa stvarnim tkaninama.

Kao što je već napomenuto nCloth alat ne služi samo za simuliranje tkanine. Naime pomoću Force Field Generation parametara moguće je nCloth objekat učiniti izvorom sile. Podešavanje parametara pritiska je korisno za objekte koji su pod jakim utjecajem zraka ili za objekte koji sadrže zrak.

Kvalitativne postavke utječu na kvalitet prezentacije nCloth objekata u sceni i na način na koji će nukleus riješiti nepoželjne efekte u sceni tokom simulacije. Moguće je definisati maksimalan broj iteracija (kalkulacija), tokom jednom koraka simulacije. Veći broj iteracija znači i veći broj kalkulacija, što će trajati duže ali će rezultirati boljim predstavljanjem tkanine. Iteracija je jedno računanje jedne nCloth osobine. Ova računanja vrši Maya Nucleus.

Kolizije su interakcije koje se dešavaju između objekata jednog nukleusa. Prilikom kolizije dešava se razmjena energije, što utječe na ponašanje objekta. Da bi objekti mogli stupiti u koliziju moraju biti dodjeljeni istom nukleusu. Mayin interfejs omogućava podešavanje kolizionih osobina nCloth objekta, kao što je definisanje kolizionog sloja ili komponenti koje učestvuju u koliziji, na osnovu kojih se vrši detekcija kolizije. Kada je potrebno simulirati koliziju tkanine sa čvrstim tijelima, koristi se kolizija sa pasivnim objektima. Pasivni objekat dodjeljujemo istom nukleusu kao i odgovarajući nCloth objekat, pri čemu sile definisane nukleusom neće imati efekta na pasivni objekat. U kreiranoj sceni, 3D model tijela Franca Ferdinada je bio pasivni objekat.



Slika 11. Component to component ograničenje(lijevo), bez primjene ograničenja (desno)

Prilikom simuliranja ponašanja tkanine, često je potrebno ograničiti kretanje tkanine, odnosno “vezati” nCloth objekat za neki objekat u sceni. Maya nudi kreiranje nekoliko vrsta ograničenja: Tearable Surface, Transform, Component to Component, Point To Surface, Slide on Surface, Force Field, Attract to Matching Mesh, Disable collision, Exclude Collide Pairs i Weld Adjacent Borders. Component to component ograničenje se koristi da se vežu nCloth komponente (verteksi,

ivice, lica) za druge nCloth komponente ili komponente pasivnog objekta. Ovo ograničenje je korišteno na preklopu Franzovog kaputa. Na slici 11. prikazana je razlika u rezultatima simulacije Franzovog kaputa sa i bez primjene Component to Component ograničenja. dynamicConstraintShape je čvor koji se automatski kreira i služi kao veza između ograničenja i nukleusa dodijeljenog nCloth objektu. Moguće je podesiti mnoge parametre poput dinamike ograničenja, snage ograničenja itd.

Nucleus čvor omogućava podešavanje parametara za kontrolu sila, atributa tla, attribute vremena koji utječu na sve nCloth objekte dodjeljene tom nukleusu. Nucleus računa simulacione podatke za objekte koji su mu dodjeljeni. Kako bi odjeća u sceni bila što realističnije simulirana potrebno je u simulaciju uključiti i djelovanje gravitacione sile i vjetra. Također u ovoj skupini atributa moguće je podesiti i odnos između Mayinih jedinica i jedinica realnog svijeta.

Nucleus solver atributi omogućavaju podešavanje broja kalkulacija nukleusa u jednom frejmu, podešavanje dinamike animacije, te prostornog skaliranja pripadajućeg nukleusa.

Nakon podešavanja osobina tkanine, kreiranja kolizija i ograničenja, te podešavanja parametara nukleusa moguće je pristupiti simulaciji. Mayin nukleus izvodi simulaciju, i računa sve parametre i postavke objekata koji su mu dodjeljeni.

Prilikom simulacije keširanja koje nudi Maya može imati važnu ulogu. nCache fajl čuva podatke o transformacijama verteksa jednog nCloth objekta. To može biti vrlo korisno za reduciranje kalkulacija koje izvršava nukleus prilikom ponavljanja simulacije. Budući da su simulacioni podaci sačuvani na hard disku u nCache fajlovima nukleus neće ponovno vršiti kalkulacije, već će simulacione podatke pročitati iz nCache fajla. Moguće je importovati nCache fajlove za nCloth objekte. Ovi objekti moraju biti modelirani na isti način kao i objekat koji je korišten da bi se kreirao nCache file. nCache fajlove nekog objekta je moguće međusobno kombinovati. [11]

3.8. Modeliranje Francove odjeće

Svi nCloth objekti u Mayi se kreiraju iz poligonalnih objekata i pripadaju jednom nukleusu. Model tijela Franca Ferdinada je bio kolizionni objekat.

Francove hlače su kreirane iz poligonalnog objekta. Na grupu verteksa na struku Franzovih hlača primjenjeno je Point to Surface ograničenje, kako bi tu grupu verteksa “vezali” za Francov struk. Osobine tkanine su definisane odabirom opcija iz Prestes liste, odnosno kombinacijom Cotton i Heavy Denim materijala.

Francov kaput je također kreiran iz poligonalnog objekta. Na grupu verteksa prednjeg dijela kaputa

primjenjeno je, prethodno opisano, Component to Component ograničenje.

Također bilo je potrebno kreirati i neke dodatne detalje Francove odjeće, kao što su dugmad kaputa, značke na kaputu, šešir, perje na šeširu, okovratnik i mač, traku oko struka koji su kreirani tehnikom poligonalnog modeliranja i nCloth simuliranja.



Slika 12. Model Franca Ferdinanda i njegove odjeće

3.9. Komparacija modeliranja odjeće u 3ds max-u i Mayi

Rješenja za modeliranje odjeće u 3ds max-u i Mayi se razlikuju u:

- korisničkom interfejsu,
- broju načina za kreiranje odjeće,

dok su na sličan način riješeni:

- podešavanje osobina tkanine,
- definisanje kolizijskih parametara i ograničenja,
- podešavanje parametara prostornog skaliranja.

Prednost korisničkog interfejsa koji obezbeđuje 3ds max je što je pristup svim parametrima vezanih za Cloth simulaciju objedinjen, kroz pristup Cloth modifikatoru. Moguće postojanje nekoliko instanci Cloth modifikatora za isti objekat, s obzirom da isti objekat može biti i kolizijski i Cloth objekat, što nekada može biti zbunjujuće i nepregledno. Editovanje osobina nCloth objekata i simulacije se u Mayi odvija kroz nekoliko različitih menija. Parametri u Attribute Editor-u su podijeljeni u nekoliko grupa, što olakšava njihovo razumjevanje. 3ds max-ovog interfejs u okviru Cloth modifikatora nudi pregled cloth i kolizijskih objekata.

Za razliku od 3ds max-a Maya korisniku pruža samo jedan način kreiranja Cloth objekata. Korištenjem poligonalnih objekata, korisniku se omogućava veća kontrola nad oblikom ili položajem Cloth objekta. S druge strane, kreiranje samo krojnog plana pomoću Garment Maker

modifikatora i pozicioniranje panela nekada može biti brže rješenje nego modeliranje cjelokupnog oblika odjevnog predmeta.

Podešavanje osobina tkanine je vrlo slično i u Mayi i u 3ds max-u. Sa mogućnostima generisanja sile, vjetrova i pritiska u Cloth objektima, očito je da Mayin nCloth nije namjenjen samo simulaciji osobina tkanine.

I Maya nCloth i 3ds max Cloth omogućavaju koliziju Cloth objekta sa drugim objektima u sceni i definisanje kolizijskih parametara. Definisanje ograničenja i u Mayi i u 3ds max-u je slično i imaju slične funkcionalnosti. Maya također nudi i mogućnost kreiranja Tearable Surface ograničenja, kojim se kreira efekat cijepanja tkanine.

I Maya i 3ds max zahtjevaju podešavanje parametara prostornog skaliranja, budući da koriste zakone fizike. Simuliranje u slojevima koje nudi 3ds max-ov Cloth modifikator se pokazalo kao jednostavnije, jer omogućava korisniku da se koncentriše na samo jedan objekat u sceni. Svi Cloth objekti u Mayinoj sceni se dodjeljuju jednom nukleusu. Simulacija svih objekata se dešava u isto vrijeme. Simulacija svih Cloth objekata u isto vrijeme može smanjiti korisnikovu kontrolu nad simulacijom pojedinih objekata.

3ds max posjeduje posebnu opciju za lokalnu simulaciju odjeće, dok Maya zahtjeva kreiranje nCloth Cache fajlova i postavljanje inicijalnog stanja želimo li da odjeća ostane u stanju kreiranom simulacijom.

Sam proces modeliranja odjeće se ne razlikuje.

4. EKSPORT U WEB 3D I OPTIMIZACIJA



Slika 13. Modeli Sofije i Franca Ferdinanda

Cilj web 3D tehnologija jeste ponuditi trodimenzionalnu interaktivnu kompjutersku grafiku visokog stepena realizma, pokretnu u realnom vremenu, koja se može sagledavati i manipulirati korištenjem u sklopu standardnih web preglednika.

[12] Neki od najpopularnijih web 3D plugin preglednika su Cortona Client, BS Contact, Flux player i Octaga player.

Po završetku modeliranja likova i odjeće Franca Ferdinanda i Sofije, modele je bilo potrebno eksportovati u web 3d tehnologije (vrml, x3d i xvr). Model Franca Ferdinanda je eksportovan iz Maye u OBJ format kako bi se omogućilo importovanje modela u 3ds max softverski paket. Određeni su parametri materijala i tekstura modela. Ruke modela Sofije i Franca Ferdinanda su spuštene i modeli su pozicionirani jedan pored drugog. U sceni je kreirano osvijetljenje, korištenjem četiri TargetSpot svjetla. Kreirano je i osam kamera koji omogućavaju osam različitih pogleda na scenu. Izgled modela u sceni 3ds max-a je prikazan na slici 13.

4.1. Eksport modela u VRML



Slika 14. VRML model Sofije i Franca Ferdinanda

VRML (Virtual Reality Modeling Language) fajl format služi za opis interaktivnih 3D objekata i svjetova na internetu. VRML fajlovi se nazivaju „svjetovi“ i imaju .wrl ekstenziju. VRML preglednik je kompjuterski program koji interpretira VRML fajlove, prezentira ih korisniku na ekranu i omogućuje korisniku da stupi u interakciju sa svijetom definisanim VRML fajlom. [13]

VRML koristi matematičku prezentaciju 3D prostora i u stanju je specificirati vertekse i ivice 3D poligona, teksture, materijale, animaciju, zvuk, svjetlo, kamere. VRML je sposoban za prezentovanje statičkih i animiranih 3D objekata, te može sadržavati hiperlinkove ka drugim medijima kao što su tekst, muzika i slike.

VRML radi sa objektima. VRML-ovi objekti se nazivaju nodovi, kojima se opisuju objekti i njihove osobine. Svaki nod ima ime tipa noda (kao što su Box, Sphere, Sound, ili SpotLight), nula ili više polja koji mogu imati različite vrijednosti te definišu kako se taj nod razlikuje od ostalih nodova istog tipa, set događaja (evenata). [14]

Svi vidljivi objekti se moraju nalaziti unutar Shape noda. Shape nod sadrži Appearance i Geometry nod. [14]

Iako 3ds max posjeduje ugrađeni plugin VRML97 za eksport modela u VRML, za konverziju modela u VRML i X3D formate je korišten Vivaty Studio, softverski paket koji omogućava modeliranje web 3D sadržaja, ali i raspolaže sa veoma kvalitetnim alatima konverzije u VRML i X3D formate. Modeli su importovani u Vivaty Studio, u kojem je odabrana opcija eksporta u VRML.

Za otvaranje VRML fajla može se koristiti BS Contact Player. Izgled VRML modela prikazan je na slici 14.

Geometrija scene u kreiranom VRML fajlu je predstavljena IndexedFaceSet nodovima, koji omogućavaju predstavljanje složenijih oblika. IndexedFaceSet predstavlja 3D objekat konstruisan od poligonalnih strana koje su definisane pomoću serija vrhova ili koordinatnih tačaka. [14] Appearance nodom su opisani različiti parametri izgleda objekta. Ovaj nod sadrži polja material i texture. Korištena TargetSpot svjetla u 3ds max-u su u VRML fajlu opisana SpotLight nodovima. Kamere kreirane u 3ds max-u su opisane Viewpoint nodovima u VRML-u.

4.2. Eksport modela u X3D



Slika 15. X3D model Sofije i Franca Ferdinanda

X3D(eXtensible 3D) je softverski standard za definisanje interaktivnog 3D sadržaja i multimedije. X3D je nasljednik VRML (Virtual Reality Modeling Language) ISO standarda za web baziranu 3D grafiku. X3D pruža određena poboljšanja u odnosu na VRML sa novim funkcionalnostima, novim formatima enkodiranja podataka i arhitekturom baziranom na komponentama. X3D omogućava predstavljanje 3D scena i objekata korištenjem XML-a, što je ključ za integraciju sa web servisima. X3D fajlovi se prezentuju kroz X3D preglednike.

X3D podržava 3D grafiku (poligonalnu

geometriju, svjetla, kamere, materijale, slojevito mapiranje), 2D grafiku, multi-teksture, animaciju, interakciju sa korisnikom, CAD podatke, simulaciju i podržava Particle sisteme, te time omogućava prezentaciju magle, vatre i sličnih efekata. [15]

X3D arhitektura je bazirana na komponentama. Komponenta definira kolekciju nodova, koji imaju slične funkcionalnosti. Arhitektura bazirana na komponentama omogućava individualni razvoj komponenti i kreiranje profila. Profil je definiran kao kolekcija komponenti dizajnirana da podrži određeni domen aplikacije. Svaki X3D fajl zahtjeva definisanje profila. [165]

U X3D fajlu koji predstavlja scenu sa modelima Sofije i Franca Ferdinanda, svi nodovi koji opisuju scenu se nalaze unutar Scene tagova. Sva vidljiva geometrija u sceni je definisana unutar Shape noda. X3D nodovi se izražavaju kao XML elementi.

Za eksport modela u X3D format korišten je Vivaty Studio. Za otvaranje X3D fajla se također može koristiti BS Contact Player. Izgled X3D modela prikazan je na slici 15.

Geometrija scene je predstavljena IndexedFaceSet nodovima, koji pripadaju geometrijskoj komponenti. Appearance nod opisuje parametre izgleda objekta, te sadrži material i texture nod. Svjetla su opisana SpotLight nodovima. Kamere odnosno tačke pogleda su opisane Viewpoint nodovima, koji pripadaju navigacionoj komponenti.

4.3. Eksport modela u XVR



Slika 16. XVR model Sofije i Franca Ferdinanda

XVR (eXtreme Virtual Reality Language) je tehnologija za kreiranje multimedijalnog sadržaja prvenstveno namjenjenog prezentiranju na web stranicama. XVR se posebno fokusira na kreiranje aplikacija virtualne realnosti. XVR aplikacije se prikazuju u XVR Player-u, koji je ActiveX komponenta koja može biti ugrađena u razne aplikacije. XVR player je dostupan za besplatan

download na oficijelnoj stranici XVR tehnologije. [16]

XVR skript jezik je S3D jezik. S3D sintaksa je vrlo slična sintaksi C++ programskog jezika te sadrži niz gotovih funkcija i klasa koje omogućavaju kreiranje aplikacija virtualne realnosti te omogućava 3D animaciju, zvučne efekte, audio i video sadržaj te interakciju sa korisnikom. Također i sam programer može deklarirati varijable, funkcije i klase, te na taj način ostvariti funkcionalnosti potrebne u vlastitoj aplikaciji. [17]

Za eksport modela iz 3ds maxa u XVR korišten je AAM eksporter, koji se instalira kao plugin za 3ds max. Eksportom je kreirano nekoliko fajlova. Kreiran je s3d fajl koji sadrži izvorni kod sa osnovnim funkcijama, fajl u aam formatu koji sadrži podatke o izgledu i obliku geometrije u sceni i html fajl. Potrebno je naglasiti da AAM eksporter ne eksportuje svjetla i kamere iz 3ds maxa, ali je korisniku u okviru opcija XVR Player-a omogućeno da sam kreira svjetlo. Na slici 16. je prikazan izgled modela u XVR fajl formatu.

Svaka XVR virtualna aplikacija može definisati 6 osnovnih funkcija: OnDownload(), OnInit(), OnFrame(), OnTimer(), OnEvent() i OnExit(). Ove funkcije su osnova za kreiranje bilo kojeg XVR projekta.

OnDownload() funkcija se poziva na samom početku i pokreće download fajlova potrebnih aplikaciji. [18] OnInit() funkcija inicijalizira aplikaciju. U okviru OnInit() funkcije vrši se pozicioniranje kamere, inicijalnog svjetla, te se provjerava validnost aam fajla. Sve funkcije koje proizvode grafički izlaz trebaju biti stavljene u OnFrame() funkciju. Grafičke komande koje nisu postavljene u ovu funkciju neće biti prikazane u sceni. XVR scena se tumači kao grafička petlja koja se nalazi između SceneEnd i Scene Begin komandi. U okviru te petlje se vrši vizuelni opis scene. Sve grafičke komande se pozivaju unutar ovog bloka kako bi imale vidljiv efekat.

4.4. Komparativna analiza modela u VRML, X3D i XVR tehnologiji

VRML, X3D i XVR modele ćemo analizirati i komparirati sa aspekta navigacije, kvaliteta slike i osvijetljenja.

Prilikom kretanja kroz X3D i VRML scenu ponuđeno je nekoliko opcija navigacije. Moguće je odabrati neku od kreiranih tačaka pogleda, definisanih Viewpoint nodovima ili odabrati neku od opciju kretanja kroz scenu kao što je Slide, Fly, Jump itd. Navigacija u XVR sceni je mnogo jednostavnija. Za kretanje kroz scenu koriste se samo dvije tipke miša. U XVR nije moguće eksportovati pogled kamere, tako da XVR ne nudi mogućnost odabiranja tačke pogleda.

Dakle XVR nudi manje navigacionih opcija nego X3D i VRML ali ja zato i navigacija mnogo jednostavnija.

Kvalitet slike ćemo posmatrati sa aspekta kvaliteta oblika i izgleda geometrije u sceni.

Na primjeru nabora Sofijine suknje (slika 17.) vidimo razliku između modela u VRML i X3D formatu, s jedne strane, i modela u XVR formatu, s druge strane. Naime ivice poligona u VRML i X3D formatu su nešto oštrije, dok to nije slučaj u XVR formatu. Izgled VRML i X3D modela se ne razlikuje, što i nije iznenađujuće s obzirom da je riječ o sličnim standardima, te da je korišten isti alat za eksport i nisu korištene multi-teksture.



Slika 17. Detalj Sofijine suknje (VRML, X3D i XVR)

Jedna od mana modela u XVR formatu je bila i nemogućnost eksporta svih osobina materijala. U XVR nije eksportovana osobina sjajnosti materijala. To je uočljivo na primjerima kragne Sofijinog kaputa (slika 18.). Također na primjeru Sofijinog kišobrana uočljiva je i nemogućnost eksporta dvostranih materijala u XVR format (slika 19.).

To ne znači da XVR ne pruža mogućnost kreiranja takvih materijala, već samo ukazuje na nemogućnost njihovog eksporta iz 3ds max-a korištenjem, za sada, jedinog poznatog eksportera za taj format.

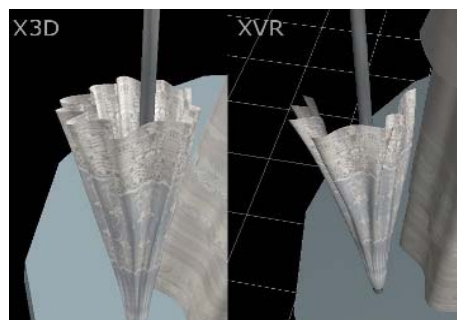
U X3D i VRML je uspješno eksportovano kreirano osvjtljenje. U XVR se ne eksportuju kreirana svjetla. XVR kreira vlatito svjetlo, te se korisniku daje mogućnost da sam pozicionira svjetlo prema vlastitoj želji u okviru XVR player-a. Na ovaj način se daje veća sloboda korisniku.

4.5. Optimizacija

Modele koje kreiramo je potrebno optimizovati prije njihovog eksporta u neku od web 3d tehnologija kako bi bili pogodni za internet upotrebu. Optimizacija podrazumjeva smanjenje broja verteksa poligonalnih objekata u sceni ili smanjenje broja segmenata korištenih geometrijskih primitiva. Smanjenjem broja verteksa model gubi na kvaliteti. Ove opcije su primjenjene prilikom optimizacije modela Sofije i Franca Ferdinanda, pri čemu je optimizacija primjenjena na tijela, bisere Sofijinih naušnica i kaputa, te dijelove Franzovog mača, na Franzov šešir i na Sofijin kišobran. VRML fajl je smanjen za gotovo 10MB.



Slika 18. Kragna kaputa (X3D i XVR)



Slika 19. Kišobran (X3D i XVR)

Veličine VRML, X3D i XVR fajla prije optimizacije su iznosile, respektivno, 32.4 MB, 29.1 MB i 27.7MB. Nakon optimizacije veličine VRML, X3D i XVR fajla su iznosile 23.4MB, 21.0MB, 19.9MB.

Vivaty Studio pruža mogućnost eksporta u X3D i VRML format sa gzip kompresijom. Gzip kompresija ne predstavlja problem otvaranju fajlova u VRML i X3D preglednicima. Odabirom opcije eksportovanja sa kompresijom neoptimizovan VRML model je bio veličine 6.31MB, dok je isti X3D model sveden na 6.17MB. Eksportovanjem optimizovanih modela uz opciju eksporta sa gzip kompresijom, veličine VRML i X3D fajla su iznosile, respektivno, 4.49MB i 4.38MB. Potrebno je napomenuti da folder koji sadrži sve korištene teksture iznosi 4MB.

5. ZAKLJUČAK

Digitalizacija kulturnog naslijeđa, oblast koja se veoma brzo razvija posljednjih nekoliko godina, može zahtijevati i proces modeliranja lika i odjeće značajnih historijskih ličnosti.

U svrhu što realističnijeg modeliranja tkanine, današnji softveri kompjuterske grafike raspolažu alatima za simulaciju tkanine. Ovi alati implementiraju zakone fizike kao što su Newtonovi zakoni gravitacije i kretanja, te princip minimalne energije. Pri tome se uzimaju u obzir i osobine tkanine kao što su stepen savijanja i rastezanja tkanine ili masa.

Autodesk 3ds max i Autodesk Maya omogućuju svojim korisnicima simulaciju tkanine. Sam proces

modeliranja odjeće je isti u oba softvera. 3ds max daje odlična rješenja jednostavnijeg slojevitog simuliranja, i omogućava dva načina kreiranja Cloth objekata. Mayin nCloth je osposobljen veoma fleksibilnim nCache sistemom i namjenjen je za simulaciju materijala mimo tkanine. Također, raspolaže mogućnostima veoma pogodnim za animaciju tkanine.

3D modeli objekata značajnih za kulturno naslijeđe jedne zemlje, trebaju biti dostupni široj javnosti, što je cilj promovisanja kulturnog naslijeđa. S tim ciljem se 3D modeli eksportuju u web 3D formate. Najpoznatiji web 3D formati danas su VRML, X3D i XVR. X3D je građen na VRML standardu. Međutim, napredna arhitektura (bazirana na komponentama), nove funkcionalnosti (multi-teksture, geoprostorna komponenta, humanoidna animacija i dr.) i xml integracija su doprinijele da X3D prevaziđe VRML. XVR je nova tehnologija koju je razvila mlada kompanija VRMedia. Omogućava jednostavnu navigaciju i visok kvalitet slike, ali nemogućnost eksporta materijala, pogleda kamere i svjetla je i dalje mana te tehnologije. Naravno to ne znači da XVR ne dopušta njihovo kreiranje, samo da jedini eksporter koji u ovom momentu postoji za tu tehnologiju (AAM eksporter) onemogućava pomenute funkcionalnosti.

REFERENCE

- [1] "Guidelines for the preservation of digital heritage", Prepared by the National Library of Australia, March 2003, pp 28
- [2] Alberto Raposo, Silvia Ilg Byington, "The augmented digital reconstruction of a XVII century convent in Brazil", *Digital Heritage Proceedings of the 14th International Conference on Virtual Systems and Multimedia*, Limassol, Cyprus, 20–25 Oktobar 2008
- [3] Werner Schweibenz, "The "Virtual Museum"1: New Perspectives For Museums to Present Objects and Information Using the Internet as a Knowledge Base and Communication System", 6. *Internationalen Symposiums für Informationswissenschaft (ISI 1998)*, Prag, Czech Republic, 3. – 7. Novembar 1998., pp. 1
- [4] Autodesk 3ds max help
- [5] Rein-Lien Hsu and Anil K. Jain, "Face modeling for recognition", Dept. of Computer Science & Engineering, Michigan State University, MI 48824, pp. 1-2
- [6] www.turbosquid.com
- [7] Kristopher Babic, "Cloth Modeling", <http://davis.wpi.edu/~matt/courses/cloth/>, April 1999.,
- [8] Kartikheyam and Ranganathan, "Tutorial on Cloth Modeling"
- [9] Kelly L. Murdock, "3ds Max 2009 Bible", Wiley Publishing, Indiana, Indianapolis, 2008.
- [10] Autodesk 3ds Max help
- [11] Autodesk Maya help
- [12] Roberto Vidović, Bojan Baletić, "Web 3D tehnologije i njihova primjena u arhitekturi", Sveučilište u Zagrebu, Pregledni znanstveni članak, februar 2002. pp. 2-11
- [13] S. Rizvic, *Kompjuterska grafika i multimedia*, Grafo Art Sarajevo, 2004. pp. 93-129
- [14] VRML97 ISO/IEC 14772, <http://www.web3d.org/x3d/specifications/vrml/ISO-IEC-14772-VRML97/>
- [15] Extensible 3D (X3D) ISO/IEC 19775-1:2008 <http://www.web3d.org/x3d/specifications/ISO-IEC-19775-1.2-X3D-AbstractSpecification/>
- [16] <http://wiki.vrmedia.it/>
- [17] <http://www.vrmedia.it/Xvr.htm>
- [18] Belma Ramic-Brkic, "Web 3D tehnologije u predstavljanju virtualne realnosti", magistarski rad, ETF, Sarajevo, 2008.