3. Nacionalna konferencija sa međunarodnim učešćem
Fakultet tehničkih nauka u Čačku, 25-27. Septembar 2015.

3rd National Conference With International Participation
Faculty of Technical Sciences in Čačak, 25-27. September 2015.

UDK: 519.876.5:004] : 371.3 Stručni rad

PROJEKAT KOMPJUTERSKE SIMULACIJE ORIGINALNIH PATENATA NIKOLE TESLE SA UČEŠĆEM STUDENATA U REALIZACIJI

COMPUTER SIMULATION OF NIKOLA TESLA'S ORIGINAL PATENTS WITH STUDENTS PARTICIPATION IN REALIZATION

Vladan Vučković
Elektronski fakultet u Nišu
vladan.vuckovic@elfak.ni.ac.rs

Apstrakt: *Projekat pod nazivom Kompjuterska simulacija i 3D modeliranje originalnih patenata Nikole Tesle realizovan je u saradnji Muzeja Nikole Tesle u Beogradu i Elektronskog fakulteta u Nišu. U reinženjeringu ovog projekta na fakultetu, uključeni su uspešno i studenti u pojedinim aspektima i segmentima realizacije. Ovaj rad opisuje detalje u organizaciji i finalizaciji projekta.*
Ključne reči: *Kompjuterske simulacije, 3D modeliranje, Originalni Patenti Nikole Tesle.*

Abstract: *The project named Computer simulation and 3D modeling of original patents of Nikola Tesla is realized in cooperation with the Nikola Tesla Museum in Belgrade and the Faculty of Electronic Engineering in Nis. In the re-engineering process of the project at the faculty, a team of students were included in certain aspects and segments of realization. This paper describes in detail the organization and finalizing the project.*
Key words: *Computer simulations, 3D modeling, Original Patents of Nikola Tesla.*

1. UVOD

Cilj i pozitivni aspekti realizacije projekta KOMPJUTERSKA SIMULACIJA I 3-D MODELIRANJE ORIGINALNIH PATENATA NIKOLE TESLE koji su realizovali Elektronski fakultet u Nišu kao realizator i Muzej Nikole Tesle u Beogradu kao participant su višestruki. U ovom radu pažnja ce biti obraćena na proces reinžinjeringa projekta u smislu učešća tima studenata u njegovoj realizaciji. Učešće sudenata u delu modeliranja i u fazi vizuelnih animacija, koji su zajedno sa profesorima i inženjerima radili na ovom projektu je veoma važan. Pored same realizacije projekta, koji je pod pokroviteljstvom Ministarstva za prosvetu, nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije, samo učešće studenata ima veoma značajan obrazovni i razvojni aspekt. Iskustvo koje su stekli sada već uspešni mladi inženjeri koji rade u razvojnim timovima i kompanijama u zemlji i inostrastvu je možda i najznačajniji pozitivni aspekt ovakvog pristupa.

U osnovi projekta je digitalizacija i detaljno 3-D modeliranje originalnih patenata Nikole Tesle, koje poseduje Muzej [1]. Koristeći 3-D modele, dalji ciljevi projekta su rendering, animiranje, simuliranje i vizuelizacija u realnom vremenu kako osenčenih tako i prostornih žičanih (3-D stereo) modela [2, 3]. U tu svrhu, korišćeni su najmoderniji softverski razvojni alati, pre svega *3ds-Max* programski sistem za modeliranje i rendering, C++ i *openGL* biblioteke za simulaciju i rendering u realnom vremenu, kao i originalni aplikativni softver razvijan u cilju simulacije virtuelnih modela. Sa tim u skladu, prvi razvijen detaljni model Tesline fontane koji sadrži oko 500.000 prostornih tačaka sa pratećim 3-D *engine*-ima za vizuelizaciju i simulaciju prostornog kretanja, koji je prezentovan stručnjacima iz Muzeja. Postignut je dogovor da se u okviru ovog tehnološkog projekta, u saradnji sa Muzejom, modelira deset Teslinih patenata iz četiri istraživačke oblasti kojima se bavio veliki naučnik.

U teoretskom delu, istraživači koji su angažovani na projektu, su podržali studije i rad na Teslinim patentima kroz učešće na projektu i pisanje i objavljivanje radova u odgovarajućim stručnim časopisima iz istraživačkih oblasti koje su direktno ili indirektno u vezi sa širokom tematikom istraživanja Teslinog dela.

Smatramo da je realizacija projekta veoma važna za obe institucije, pogotovu što Muzej Nikole Tesle u Beogradu ima poseban status institucije od nacionalnog značaja, tako da bi rezultati projekta bili odmah implementirani kao direktna podrška radu tako značajne institucije.

Projekat takođe predstavlja nastavak saradnje, započete potpisivanjem Memoranduma o razumevanju između Muzeja Nikle Tesle i Elektronskog fakulteta u Nišu, potpisanog od obe institucije. Elektronski fakultet u Nišu kao i njegova Laboratorija za kompjutersku inteligenciju i informacione tehnologije (CIITLab) u potpunosti su opremljeni za realizaciju projekta. Izuzetno značajan aspekt je učešće talentovanih studenata u ekipama koje su realizovale pojedine aspekte sistema. Reinžirenig projekta u visokoškolskoj instituciji kao što je Elektronski fakultet u Nišu u smislu uključivanja studenata pokazao se veom značajnim i omogućio realizaciju projekta na toliko uspešan način koji možda nije ni bio predviđen u osnovnoj koncepciji.

Rad na realizaciji projekta doveo je i do razvoja sasvim novog pravca u istraživanju na Elektronskom fakultetu, gde bi pre svega istakli realizaciju tehnološki zahtevnog paralelnog sistema za rendering koji je omogućio da se kompleksni modeli Teslinih patenata uspešno animiraju i generišu više od 30.000 renerovanih slika u preko tridesetak animacija koje su trenutno instalirane u Muzeju.

2. STRUKTURA PROJEKTA

Posle odobrenja tehnološkog projekta od strane Ministarstva za nauku i tehnologiju, Elektronski fakultet u Nišu i Muzej Nikole Tesle u Beogradu, su potpisali poseban ugovor o poslovno-tehničkoj saradnji koji precizno reguliše međusobne obaveze realizatora i participanta projekta.

Realizacija projekta pod nazivom: "Kompjuterska simulacija i 3-D modeliranje originalnih patenata Nikole Tesle" podrazumevala je izradu 10 (deset) 3-D animacija prema sledećem redosledu (klasifikacija je bazirana na osnovu odobrenih patenata u Patentnom zavodu Sjedinjenih Američkih Država):

- **US Patent 1,113,716 Fountain** (Teslina fontana, oblast mašinske tehnike)
- **US Patent 381,968 Electro-Magnetic Motor** (Bazični Teslini patenti iz oblasti elektroenergetike)
- **US Patent 382,280 Electrical Transmission of Power** (Elektroenergetika)
- **US Patent 382,279 Electro-Magnetic Motor** (Elektroenergetika)
- **US Patent 382,281 Electrical Transmission of Power** (Elektroenergetika)
- **US Patent 381,969 Electro-Magnetic Motor** (Elektroenergetika)
- **US Patent 381,970 System of Electrical Distribution** (Elektroenergetika)
- **US Patent 577,670 Apparatus for Producing Electric Currents of High Frequency** (Teslin transformator, tehnika visokih frekvencija i radio tehnika)
- **US Patent 645,576 System of Transmission of Electrical Energy Frequency** (Teslin transformator, prenos informacija i energije na daljinu bez žičanih provodnika)
- **US Patent 613,809 Method of and Apparatus for Controlling Mechanism of Moving Vessels or Vehicles** (Teleautomatika, Teslin teledirigovani brodić – zbog složenosti izuma, imajuću u vidu raspoloživo trajanje projekta, za ovaj patent bilo je predviđeno samo unošenje osnovne 3D konstrukcije brodića) [4, 5].

Takođe, u okviru projekta tim je izradio i softver za prezentacionu mašinu (pod kojom se podrazumeva veliki LCD ili plazma ravni ekran povezan na PC kompjuter, sa pratećom multimedijalnom opremom) koji je korišćen u Muzeju sa prezentaciju virtuelnih modela Teslinih originalnih patenata, koji su rezultat rada na ovom projektu.

Realizacija 3D modela na osnovu Teslinih originalnih nacrta i planova i Muzeja poverena je timu studenata. Kontrola kvaliteta, organizacija tima i ostali aspekti upravljanja bili su zadatak rukovodioca projekta koji je ujedno i autor ovog rada.

3. METODI U REALIZACIJI PROJEKTA

Osnovni sadržaj u realizaciji ovog projekta je u znatnom proširenju obima i kvaliteta trodimenzionalnih modela, simulacija i animacija originalnih Teslinih patenata.

Osnovna procedura u realizaciji projektnih ciljeva bi se mogla opisati na sledeći način:

- Na osnovu odabranog originalnog patenta Nikole Tesle, vrši se njegova digitalizacija, odnosno prebacivanje u virtuelni 3-D model. Ovaj postupak traži veliku količinu empirijskog rada. U okviru projekta, u ovom delu, angažovan je tima studenata koji već imaju iskustva u trodimenzionalnom modeliranju

objekata. Tim studenata od kojih su neki stipendisti Fonda za mlade talente Republike Srbije i osvajači nagrada na takmičenjima iz arhitekture i modeliranja je imao veoma veliki doprinos u manuelnom modeliranju Teslinih patenata [6].

- Po dobijanju trodimezionalnog modela, njegova obrada i finalizacija je obavljena u *3dsMax*-u, programu za obradu i rendering trodimenzionalnih modela. U toku realizacije projekta korišćen je *AutodeskMaya*, kao i niz pomoćnih alata za 3d modeliranje.

- Koristeći *3dsMax,Maya* kao i ostale pomoćne aplikacije, obavljen je rendering modela, koji se može videti iz različitih uglova kako i animacija modela na osnovu željenih parametara kretanja modela.

- Izvršena je redukcija osnovnog modela sa potrebe interaktivnog *engine*-a. Pri tome se broj tačaka modela redukuje na nivo od 10.000-15.000.

- Redukovan model je konvertovan u interni domen za *openGL* interaktivni *engine*, razvijen kao originalna aplikacija, koji može u realnom vremenu rotirati i pokretati modele u virtuelnom prostoru. Takođe, realizovana je mogućnost kretanja oko virtuelnog modela.

- Redukovani model se može koristiti i kao ulaz u 3D stereo *engine* koji omogućava stereoskopsko viđenje trodimenzionalnog modela.

- Animacije, renderinzi slika u visokoj rezoluciji, i ostali materijal se integriše u jedinstveni prezentacioni program koji je instaliran u Muzeju na odgovarajućoj opremi, čime je postignuto da posetioci Muzeja imaju stalan pristup rezultatima.

U fazama realizacije projekta obuhvaćene su 4 strateške grupe patenata, koje su potom i realizovane:

- **Mašinska tehnika** – Teslina fontana,
- **Elektroenergetika** – obrtno polje – elektromagntni i indukcioni motori,
- **Radio tehnika i telekomunikacije** – Teslin transformator - sistem 4 rezonantna kola – radio prenos informacija na daljinu,
- **Teleautomatika** – Teslini automati – Teledirigovani brodić.

U okviru projekta i tih strateških grupa, realizovana su 10 (deset) patenata kroz HD i DVD animacije kao i veliki broj pratećih rezultata.

4. OSTVARENI REZULTATI PROJEKTA

Ključni rezultati koji su ostvareni u toku realizacije projekta su znatno kompleksniji od osnovnih postavljenih zadataka definisanih ugovornom obavezom i došli su kao prirodna posledica intenzivnog razvoja projekta i saradnje u okviru timova. Rezultati koji su postignuti, mogu se sistematizovati u nekoliko kategorija:

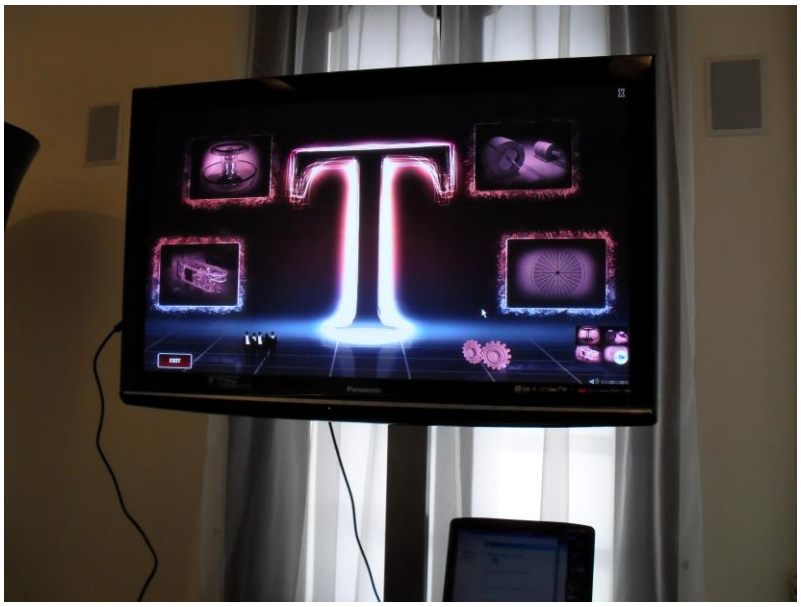
1) Prebacivanja originalnih Teslinih patenata u digitalni domen, kao profesionalno urađene 3-D modele. Ovo je apsolutno u skladu sa već započetim procesom digitalizacije Teslinih dokumenata procesom skeniranja, koji se već odvija u Muzeju. U okviru projekta realizovano je 10 patenata. U tu svrhu, korišćeni su najmoderniji softverski alati ali je bilo neophodno angažovanje timova studenata za manuelno prebacivanje (modeliranje) iz Teslinih tehničkih crteža i patenata u digitalni domen. U toku realizacije su adaptivno korišćena dva sistema paralelizacije poslova da bi ubrzali rad: metod podele jednog patenta na više delova koji se posebno modeliraju i metod da samo jedan modelator radi jedan model tako da više njih paralelno radi više modela. *Ovaj drugi pristup se pokazao kao efikasniji jer su modeli konzistentniji*.

2) Realizacija aplikativnog softvera koji pokreće i simulira funkcije već definisanih modela, a čiji su prototipovi već razvijeni i koji su u planu sa dalji razvoj:

- Automatske konvertore ASCII definicija trodimezionalnih objekata,
- *openGL* interaktivni rendering engine, koji radi u realnom vremenu kako sa osenčenim tako i sa žičanim modelima,
- *3D stereoskopski engine* žičanih modela, interaktivnog tipa, koji takođe funkcioniše u realnom vremenu i omogućava stereoskopsko (prostorno) viđenje Teslinih mašina.

Originalni softver, čija su neka rešenja publikovana, realizovana su korišćenjem programskog jezika C++ sa posebnim bibliotekama.

3) Realizacija prezentacione mašine, neke vrste *virtuelne sobe* u samom Muzeju, gde su izloženi naši trodimenzionalni modeli kao digitalne slike, animacije ili interaktivni trodimenzionalni modeli uključujući i stereoskopske trodimenzionalne modele (Slika 1 i 2).



Slika 1. Prezentaciona mašina čiji su hardverski i softverski deo realizovani i pušteni u eksplataciju u stalnoj postavci u Muzeju.

Slika 2. Aplikacija sa prezentacionim softverom. Muzej Nikole Tesle.

4) U završnoj fazi projekta je razvijena internet *FLASH* aplikacija koja predstavlja virtuelnu postavku muzeja sa našim modelima, animacijama i aplikaciju koja će

omogućiti direktan rad sa trodimenzionalnim modelima na računaru korisnika koji prati prezentaciju preko mreže.

5) Jedan od najvažnijih rezultata koji je proistekao iz razvoja projekta je rad na **paralelnim PC mašinama** (klaster) u cilju povećavanja efikasnosti renderinga.

Postavka problema efikasnosti za slučaj animacije je jednostavna. Ako pretpostavimo da je za generisanje jedne sekunde animacije potrebno 25 digitalnih slika (frejmova) a da je za rendering jednog frejma u visokoj rezoluciji potrebno oko 2 sata na mašini sa četiri jezgra (4x3GHz), to znači da jedan personalni računar tih performansi zahteva oko 4 dana za završetak samo jedne sekunde animacije. Naše animacije u proseku imaju 30-60 sekundi tako da je lako zaključiti kakav je obim problema sa kojima se tim suočio.

Slika 3. Razvojni sistem za 3D modeliranje i klaster za renderovanje.

Pokazalo se da razvijeni hardversko-softverski sitem ima velike razvojne potencijale, tako da smo veoma uspešno naš model primenili i na računarske učionice na Elektronskom fakultetu i tako dobili paralelni sistem maksimalnih performansi (Slika 3). Na taj način smo rendering najzahtevnijih animacija, koje imaju 2.280 frejmova uspeli da efikasno obavimo upotrebom paralelne mašine sa do 25 personalnih računara povezanih u mrežu, sa više od 50 CPU jezgara u sistemu.

5. ZAKLJUČAK

Uz 3D modele Teslinih patenata koji su prikazani, Elektronski fakultet u Nišu je u okviru prikazanog projekta izradio i softver za veliki prezentacioni plazma ravni ekran povezan sa računarom i pratećom multimedijalnom opremom, koji se već koristiti na stalnoj izložbenoj postavci Muzeja Nikole Tesle za prezentaciju virtuelnih modela Teslinih originalnih patenata.

Naš stručni tim koji je imao i profesore, inženjere i studente sa Elektronskog fakulteta u Nišu, predvođen autorom ovog rada kao rukovodiocem, postigao je izuzetnu saradnju sa stručnim saradnicima Muzeja tokom celokupnog perioda realizacije. Osim toga, posebno želimo da istaknemo maksimalnu efikasnost i visok kvalitet koji je ostvaren u animiranju najznačajnijih patenata Nikole Tesle, posebno onih koji su rađeni u tehnologiji visoke rezolucije i 3D modeliranja, što je nesumljiv doprinos naših studenata.

Izradom kompjuterskih simulacija i 3-D modeliranjem originalnih patenata Nikole Tesle, Muzej je dobio potpuno novu dimenziju predstavljanja Teslinih patenata na svojoj izložbenoj postavci. Na ovaj način, posetioci prvi put mogu da proniknu u suštinu originalnih rešenja koje je Tesla primenio u svojim najznačajnijim izumima. U isto vreme, primenjena softverska rešenja omogućavaju demonstratorima, kao i samim posetiocima Muzeja, i interaktivno korišćenje izrađenih aplikacija.

U nastavku, Muzej Nikole Tesle je izrazio spremnost da kao participant učestvuje u nastavku projekta, u kome se rad nastavio u još kompleksnijim i zahtevnijim postupcima animiranja eksterijera i enterijera neke od Teslinih laboratorija, kao i modeliranja rada viskofrekventnog oscilatora sa varničarem, Teslinog teledirigovanog brodića i sličnih eksperimenata [5].

LITERATURA

[1] Woolfson, M.M. (1999). *Introduction to Computer Simulation*, OUP Oxford

[2] Hartmann, A., (2009). *Practical Guide to Computer Simulations,* World Scientific Publishing; Pap/Cdr edition

[3] Gonzales, R.C., Woods, R.E. (2002). *Digital Image Processing*, New Jersey, Prentice Hall.

[4] Vučković, V., Stojanović, N. (2011). The Complete 3-D Modeling and Real-Time Simulation of the Tesla's Boat, *International Journal of Emerging Sciences IJES*, Vol. 1, No. 4, str. 535-544

[5] Vučković, V. (2011). 3-D Modeling and Simulation of the Tesla's Wireless Controlled Boat, (Invited Lecture and Paper) *Proceedings of the 7th International Symposium Nikola Tesla*, Belgrade, str. 37-44.

[6] Вучковић, В. (2009). Virtual Models of Tesla Patents, *Зборник радова са XVII Телекомуникационог форума ТЕЛФОР 2009, CD ROM Proceedings*, Београд, str. 1335-1338.