

SOFTWARE ZA PODRŠKU BIOMEDICINSKOJ VIZUELIZACIJI

Julijana Mirčevski, julijana@afrodita.rcub.bg.ac.yu, SCG
Željka Tomić, IRITEL A.D., Batajnički put 23, Beograd, zeljka@iritel.com
Saša Milić, Institut "Nikola Tesla" Beograd, SCG

Sadržaj - Rad se bavi rezultatima testiranja performansi software za vizuelizaciju u različitim oblastima biomedicine. Analizirani su brojni raspoloživi paketi sa aspekta funkcionalnosti, pogodnosti za primenu u našim istraživačkim uslovima, sistemskim zahtevima, portabilnosti i dostupnosti. Sagledana je arhitektura software-a kao i algoritmi na kojima je software realizovan. Evaluirana je i pogodnost korisničkih interface-a u okruženju biomedicinskih korisnika. Poštovanje softverskih standarda u implementaciji paketa takodje je uvažavano kao značajna komponenta kvaliteta software-a.

1. UVOD

Termin "vizuelizacija", danas, zauzima važno mesto u računarskim leksikonima [1], [2], širom sveta. U ovu oblast industrije investirano je više biliona dolara za hardware, software i prateću opremu. Vizuelizacija je proces da se učini vidljivim sve ono što je teško ili nemoguće videti u realnom svetu. To je uvećanje i prenošenje objekata istraživanja iz vrlo različitih okruženja na desktop. Sa pojmom vizuelizacija sreću se istraživači u svim naučnim oblastima od „tvrde“ tehnike do „najmekše“ muzike, od matematike do sporta, od medicinske prakse do vrhunske edukacije svih profila. Sva vizuelizacija danas se obavlja u računarskom okruženju koje obuhvata vrlo različite uređaje: od malih personalnih računara opšte namene do sistema specijalne namene (special-purpose) za vizuelizaciju i pravih „rendering“ sistema. Pored suštinskih sličnosti veoma je vidljiva i ona marketinška: u svakoj oblasti virtuelne realnosti korisnicima se obećava sve dublje poniranje u realna okruženja, sve veća mogućnost uvećanja, sve precizniji uvid.

Pojam *real time visualization* najčešće podrazumeva vidljivost brzine promena stanja.

Dok raster grafika koristi *pixel* kao osnovnu jedinicu, u prostornu vizuelizaciju uvodi se *voxel* kao osnovna jedinica

Značajni algoritmi vizuelizacije počeli su da se razvijaju počev od osamdesetih godina prošlog veka [3], [4]. Tvorci algoritama za vizuelizaciju tragaju za mogućnošću da se brzo izračuna i brzo pokaže promena stanja jedne ili više promenljivih veličina u vremenu i prostoru.

2. STANJE I TRENDOVI RAZVOJA U SOFTWARE-U ZA VIZUELIZACIJU U BIOMEDICINI

Fundamentalna pitanja razvoja software-a za vizuelizaciju koncentrišu se oko sledećih problema:

- Kako može multidimenzionalno informaciono polje da se efektivno prikaže ?

- Kako mogu kompleksni modeli vizuelizacije ili interpretacija ovih modela da budu dostupni za pristup svakome na lak i jednostavan način ?
- Šta sačinjava dobru ili bolju vizuelizaciju odnosno standardi vizuelizacije ?
- Koji su primereni mehanizmi za sagledavanje i visoko interaktivnu vizuelizaciju kompleksnih sistema ?
- Može li virtuelno okruženje da bude iskorišćeno u svrhu kreiranja upotrebe i efektivne vizuelizacije ?
- Koji matematički [3], grafički odnosno računarski metodi su odgovarajući za podršku uspešnih modela vizuelizacije ?
- Kako se može znanje iz drugih relevantnih, ali za sada još uvek posebnih oblasti, kao što su interakcija čovek-računar, veštačka inteligencija, obrada slike, objediniti u procese vizuelizacije ?

Posebno su naglašena istraživanja [5], [6], u domenu vizuelizacije fizički ostvarivih sistema kao što su biomedicinske strukture i procesi (DNA strukture, kosti, struktura cancer tkiva). U ovom smislu interesantne istraživačke teme su:

- Metodi i sredstva za podršku integrisanoj vizuelizaciji na principu multimedijalnih izvora koji su razmešteni na različite, udaljene geografske položaje u odnosu na korisnika.
- Algoritmi za objedinjavanje multidimenzionalnih i multimodalnih informacija u 3D set podataka [7], pri čemu su podaci različitog porekla: ultrazvuk, nuklearni traseri ili X zraci.

U oblasti biomedicinske vizuelizacije ključni momenat se odigrao spajanjem slike, zvuka i pokreta u digitalni podatak [4], [8], koji je kao takav integralno ulazio u sastav baze podataka. Klasična tehnika računarske animacije koja je iz numeričke baze generisala sliku nije mogla da omogući interaktivno manipulisanje podacima u realnom vremenu i pored snažnih hardverskih komponenti i naprednih softverskih tehnika. Digitalne kamere su omogućile oslikavanje pokreta objekta u realnom vremenu, a računarska tehnologija transfer slike i zvuka u jedinstveni video-audio signal i digitalnu prezentaciju kao multimedijalnu informaciju.

Novе tehnike kompresije slike omogućavaju i naknadno pokazivanje slike bez dodatnog hardware-a jer se slika tretira kao digitalni tip podataka. Takvim video izlazom raspoložu mnogi ne tako skupi uređaji [9], pa je prenošenje jednom načinjene slike relativno jednostavno ostvarivo.

Pored toga, kada se jednom na digitalnom mediju "uhvati" audio, video i/ili animacija i zapiše kao deo baze

podataka, računarske mreže mogu da prenesu ovakav zapis i da ga pošalju kao deo poruke u elektronskoj pošti, da ga objave kao dokument računarski čitljiv u DVD formatu ili da ga uvrste u aplikativni software. U tekućoj fazi razvoja informaciono komunikacione tehnologije digitalna reprezentacija slike kao audio/video informacija je postala standardna forma podataka. U oblasti biologije, medicine, biohemije i tehnologije ovakva forma podataka odnosno tip informacije je postala dominantna forma. Tehnologija zapisa karakteriše se sve većom gustinom zapisa, sve većim kapacitetom medija za storisanje podataka i sve jeftinijim ulazno/izlaznim uredjajima.

Vizuelizacija podataka u interakciji sa hardware/software tehnologijom omogućava ne samo oslikavanje i naknadno prikazivanje slike, već i mogućnost brze promene položaja slike što znači njeno ponovno iscrtavanje za vreme dok korisnik vrši promene položaja sonde, rotira sliku, obavlja intervenciju na objektu, izvlači površinske ili zapreminske isečke ili menja podatke. Ovakve interakcije zahtevaju visok clock impuls procesora, značajno brze memorijske registre računara i visoke performanse displeja. Učestanost ponovnog iscrtavanja slike se kreće oko reda stotina promena u sekundi. Danas ovakve performanse postižu računarski uređaji više proizvođača, a pre svih Silicon Graphics Inc., Sun Microsystems i drugi.

Medjutim, u efikasnoj organizaciji zdravstva finansijski moćnih zemalja formiraju se nacionalni superkompjuterski centri koji raspolazu superkompjuterom kao serverom za vizuelizaciju i super brzim pristupnim putevima što sve zajedno čini mrežu za vizuelizaciju. U literaturi [1], [2], se često sreću akronimi kao NCSA (National Center for Supercomputing Applications), VASE (Vizualization Application Steering Environment), CAVE (Cave Automatic Virtual Environment) koji su ušli u redovnu upotrebu kada su promovisani projekti od kapitalnog značaja za medicinsku vizuelizaciju. Početni rezultati u ovim projektima ostvareni su na superkompjuterima Cray 2S u Champaign Illinois NCSA, a zatim Cray CM-5 paralelnom super kompjuteru pogodnom za masivna izračunavanja tako da je odlično poslužio za demonstraciju rezultata CAVE projekta.

3. PRIMENA SOFTWARE-A NA VIZUELIZACIJU PODATAKA U LASERSKOJ TEHNICI

Široka primena lasera u raznim oblastima inženjerstva [9] i istraživanja učinila je da software koji dolazi u biomedicinske primene, već ima neku primenu u inženjerstvu ili kao "naučni" software što znači u nauci i istraživanju. Ponekad je to isti paket sa dodatno razvijenim funkcijama za biomedicinske korisnike. U novije vreme dodaju se i posebni korisnički interface-i a nekad samo treba setovati okruženje računara na kome se program izvršava.

Sistemske zahteve su takodje veoma važni za uspešnu primenu ovih paketa u domaćim uslovima. Ovde, zapravo, postoje dve tipične situacije: prva kada je korisnik je nabavio uredjaj dakle računar, ulazno izlazne uredjaje (sonde, monitore, pisače...) i sa njima strogo namenski software i druga kada je korisnik raspolagao osnovnom konfiguracijom

računara pa je dodatno nabavljao software i osavremenjavao IO priključke.

Prva kategorija korisnika ima manje problema a više ograničenja. Sistem dolazi sa već instaliranim software-om, ali njihovi zahtevi su ograničeni na tipične i već implementirane funkcije, a sve dodatne intervencije i eventualne doinstalacije distributer visoko vrednuje i naplaćuje.

Druga kategorija korisnika ima mnogo više problema oko instalacije i podizanja operativnosti celokupnog sistema ali je poznata sa mogućnostima programa koga je samostalno instalirala, a moguće je instalirati novu verziju programa ili instalirati i druge pakete pa ih prema zahtevu slučaja upotrebiti u okruženju regulisanom korisničkim interface-om.

4. POZNATI SOFTVERSKI PAKETI U DOMENU PRIMENE LASERA U BIOMEDICINI

Uvek prisutna dilema korisnika "scientific software" izražena premisom: *iznajmiti*, *kupiti* ili *razviti*, učinila je da se naučni software i u oblasti biomedicine prepoznaje po poreklu nastajanja [3]. Naime, paketi koji su naručeni i profesionalno realizovani u softversko inženjerskim kućama poseduju konzistentnost i čvrstinu, stabilnost i mali broj odkaza pri funkcionisanju, ali često zaostaju u funkcionalnosti i pokazuju nedostatak fleksibilnosti. Dok, paketi koji su razvijani u korisničkom okruženju, raspolazu širokim spektrom potrebnih servisa, pokrivaju šire područje primene ali su rešenja izvedena nesistematično, nisu precizno dokumentovana i nisu pogodna za reinženjering.

Kompromisno rešenje [4], [5] koje se pokazalo prihvaćenim i od software inženjera i od korisnika je služenje dobrim grafičkim bibliotekama koje se isporučuju biomedicinskim korisnicima kao deo regularne programske podrške [10]. Jedna od poznatih i korisnih je **NCAR Graphics Verzija 4.1.1**.

NCAR 4.1 je biblioteka pozivnih funkcija realizovana u C i Fortran 77 jeziku. Funkcije mogu biti primenjene za generisanje 2-D i 3-D grafika na mnogo različitih izlaznih uredjaja uključujući X Windows-e, PostScript-e, više tipova Tektronix terminala, HP pen plotere i Sun alate. Već i NCAR 4.0 biblioteka obezbeđuje takve funkcije kao što su 2-D linije i kolor osenčene konture sa labeliranjem, 2-D polutonske konture, 2-D vektorska polja i linije toka, 2-D kartezijski grafovi sa linearnom ili logaritamskom podelom osa, histogrami, 2-D i 3-D ravanski projektovan tekst u brojnim fontovima sa mnogo veličina i uglova sa mogućnošću *superscripta* i *subscripta*, 3-D mrežaste površine, 3-D konturisane iso-površine sa mogućnošću uklanjanja skrivenih linija, 2D osni sistemi, 3D krive.

Sadrži desetine kartografskih projekcija kao i bazu podataka za svetske političke mape i US mapu. Ovo čini NCAR 4.1 veoma pogodnim za atmosferske aplikacije. Pored svega nabrojanog, NCAR 4.1 dolazi sa slobodnim SW paketom BIVAR, koji obavlja bivarijantne interpolacije slučajnih 2D skalarnih podataka u regularnu 2D skalarnu rešetku. Paket pripada IBM Scientific Subroutine Package i

radi na svim UNIX radnim stanicama u SDVL i BSCL: vizuelizacija, „Isosurfaces“, konture, grafovi, vektorska polja

Veoma značajnu ulogu ima software za projektovanje i simulaciju optičkih i kompleksnih laserskih sistema. Paketi se nude pod imenom: **opticwerks** i **laserwerks**.

MIE Software i **MIT Photonic-Bands** [4,5] je software za računanje strukture optičkih veza (relacije disperzije) u periodičnim dielektričnim strukturama i fotonskim kristalima. Program je slobodan za preuzimanje a izvorni kod je u C jeziku.

MS MacroSystem Software je holandski distributer koji nudi brzi 3D vizuelizacioni software optimizovan za rad u Windows okruženju i real time modu. Omogućava rendering podataka kako iz regularnih mreža tako i iz rasejanja. Sadrži 3D viewer pogodan za analizu topografije površina pa se koristi dimenzionu metrologiju kod AFM, SPM i STM mikroskopa.

PhotonDesign je softverski alat za integrisanu optiku, fiber optiku, diode 3D i 2D. CLADISS laser, TWA i modelovanje optičke difrakcije. Proizvodi uključuju FIMMWAVE i FIMMPROP.

Optiwave Corporation je kompanija koja se specijalizovala za istraživanje, razvoj i komercijalizaciju naučnog i inženjerskog software-a u domenu numeričkih simulacija i fizičkih procesa. Proizvodi poznati **Optiwave** software za integrisanu i fiber optiku.

Light Scattering Analysis je software danskog proizvođača namenjen analizama rasejanja ravanskog talasa i laserskog snopa na česticama. Profesionalna distribucija uključuje raspoloživu demo verziju.

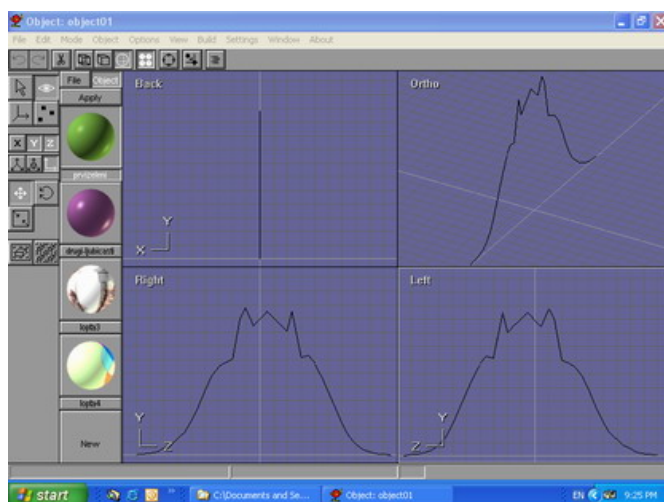
5. SPECIFIČNOSTI PAKETA ZA ANIMACIJU

Programi za 3D animaciju dozvoljavaju direktno i otvoreno kreiranje animacije iz tačkaste raspodele ili linijske mreže. Ovakvim programima mogu se interaktivno dobiti prikazi objekata, figura ili situacija koje su predmet istraživanja. Korisnički interface većine ovih programa [11] je sličan i realizovan je tako da omogućava kontrolu različitih aspekata rada: miš, tabla, ekran, ploter, štampanje.

Na slici 1. prikazan je radni ekran programa Anim8or. Na njemu su vidljive dve **toolbar** linije koje mogu da se koriste za opšte poslove. Horizontalna linija alata sadrži tastere za opšte funkcije koje se koriste kroz celokupan program a tasteri na levoj toolbar liniji omogućavaju promenu načina rada (**operation mode**) i uspostavljaju specifične funkcije za taj izabrani **mode**.

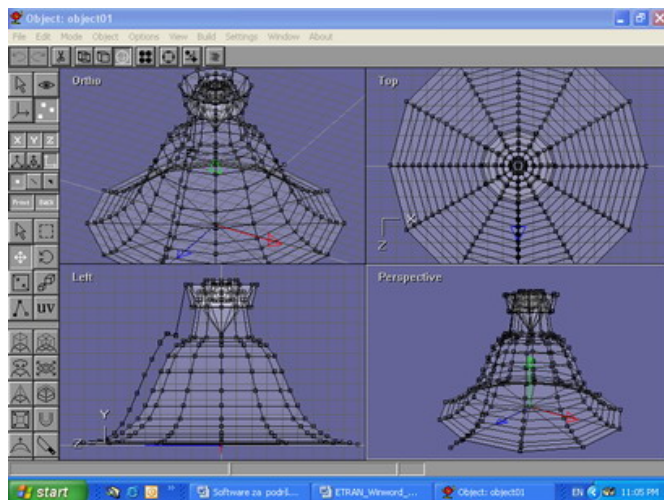
Menu liste sadrže sve programske funkcije ali se obično aktiviraju kada se primenjuje manje frekventan servis koji nije izvučen na **toolbar** liniju.

Program raspolaže sa više mogućih pogleda na objekte na displeju tako da se pri radu može izabrati prikaz **front**, **left**, **right**, **top**, **back**, **perspektive** ali i više njih zajedno kao što je to učinjeno na prikazanoj slici 1.



Slika 1. Grafik raspodele efikasnosti kolimatora u višestrukom prikazu

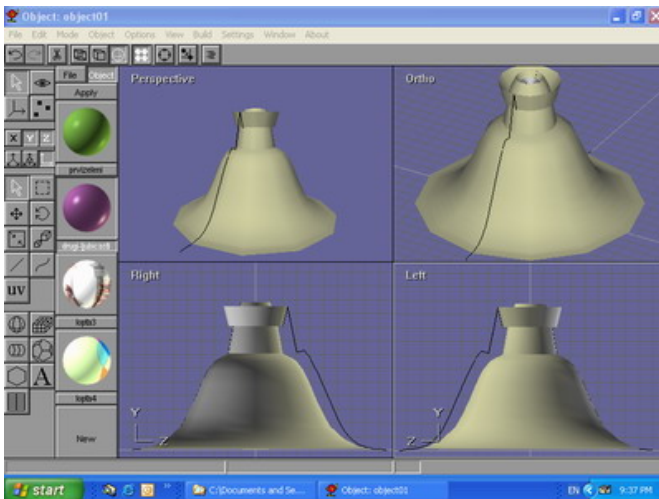
Pored leve toolbar linije vide se uzorci koje nudi **material editor** a koji se koriste za prikaz strukture materijala kome pripadaju objekti. Struktura uključuje svojstva materijala kao što su boja, hrapavost ili glatkoća, prozirnost, sjaj i druge vizuelne osobine.



Slika 2. Prostorna raspodela efikasnosti kolimatora predstavljena mrežom linijskih grafika

Za kreiranje objekta na slici 2. korišćeni su efekti **point edit mode**-a. Skup funkcija ovog načina uređivanja objekta obezbeđuje dodavanje, pokretanje, spajanje i druge promene pojedinačnih tačaka ili linija (pravih i/ili krivih) u mrežu kojom će biti predstavljen objekt. Ovako dobijeni mrežasti objekti dozvoljavaju dalje uređivanje izabranog izgleda lica ili naličja (**front facing** ili **back facing**). Dozvoljeni pravci pomeranja odnosno rotacije određuju se izborom ose x,y ili z koje konstituišu 2D prostor animacije.

Slika 3. nastala je korišćenjem male grupe efekata objedinjenih funkcijama izdvajanja i spajanja odabranih lica u mreži.



Slika 3. Prostorna raspodela efikasnosti kolimatora u 3d animaciji

Ivice mrežnog objekta su sada predstavljene novim licem koje predstavlja segment površine ograničen selektovanim ivicama. Dobijena krivolinijska površina omeđuje prostor raspodele, u ovom slučaju, zračenja propuštenog kroz kolimator za dinamičke studije srca.

6. ZAKLJUČAK

Istraživanje vizuelizacije je koncentrisano na transformisanje kompleksnih setova podataka u prezentacije koje imaju puno vizuelno značenje a pritom su jednostavne za manipulisanje i razumevanje. Istraživački cilj je osvajanje postupaka računanja koji unapređuje reprezentaciju i interpretaciju kompleksnih geometrijskih struktura ali i neophodne dinamičke procese kao što su rotacija slike, uvećanje i umanjenje, vadjenje isečaka u izabranim smerovima i slične procese. Prema tome, opšti cilj je da se otkrije način da se istraživani sistem vidi ali i da se sa njim komunicira.

7. LITERATURA

- [1] Richard Gallagher, Visualization: the look of reality, *IEEE Spectrum*, vol.31 No. 11, pp.48-55, 1994
- [2] S.W. Bova, C. P. Breshears, H. Gabb, B. Kuhn, B. Magro, R. Eigenmann, G. Gaertner, S. Salvini, H. Scott,

Parallel programming with message passing and directives, *Computing in science and engineering*, pp. 22-37, vol. 3, No. 5, 2001.

- [3] Slobodan Bojanić, Gabriel Caffarena, Carlos Pedreira, Octavio Nieto-Taladriz, Julijana Mirčevski, „DNA sequence comparison,” ETRAN, Čačak, 2004.
- [4] Jim X. Chen, Shuangbao Wang, “Data visualization: parallel coordinates and dimension reduction,” *Computing in science and engineering*, pp.110-113, vol. 3, No. 5, 2001
- [5] <http://www.research.att.com/areas/stat/xgobi>
- [6] www.galaxy.gmu.edu/pub/software/CrystalVision
- [7] Richard Cook, Nelson Max, Claudio T. Silva, Peter L. Williams, “Image-Space Visibility Ordering for Cell Projection Volume Rendering of Unstructured Data,” *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, vol. 10, No. 6, pp. 695-707, Nov./Dec. 2004.
- [8] <http://www.cc.gatech.edu/gvu/biovis/visual.html>
- [9] M.Srećković, Lj.Vulićević, V.Rajković, Ž.Tomić, *Guide of laser damages on the surface of some modern materials*, Čačak, Technical faculty, 2004
- [10] J. Mirčevski, M. Srećković, S. Bojanić, “Some views on the software support to the quantum electronics research,” *Lasers '95*, Charleston, USA
- [11] <http://ngwww.ucar.edu/ngdoc/ng4/ngchome.html>

Abstract: The testing results of software visualization performance in various biomedicine fields concerned in the paper. A number available software packages from the aspect of functionality, suitable to application in our investigation conditions, system requirements, portability and accessibility were analyzed. The software architecture and algorithms on which programs were realized are seen. The user interfaces in biomedical environment were evaluated also. The software standard implementation respect is taken as an important software quality component.

SOFTWARE SUPPORT TO BIOMEDICINE VIZUALLIZATION

Julijana Mirčevski, Željka Tomić, Saša Milić