

Med3D - Spletno vizualizacijsko ogrodje volumetričnih medicinskih podatkov s podporo oddaljenemu sodelovanju

Ciril Bohak, Primož Lavrič, Matija Marolt

Faculty for Computer and Information Science

University of Ljubljana

Večna pot 113

1000 Ljubljana, Slovenia

ciril.bohak@fri.uni-lj.si

ABSTRACT

V tem članku predstavljamo spletno vizualizacijsko ogrodje, ki se v osnovi osredotoča na vizualizacijo medicinskih podatkov v mrežni in volumetrični obliki. Ogorje omogoča 3D upodabljanje mrežnih modelov, navigiranje po sceni in posredno upodabljanje volumetričnih podatkov z integrirano pretvorbo v mrežni model z uporabo računsko učinkovitega pristopa Marching cubes. Ogorje omogoča uporabnikom tudi oddaljeno sodelovanje z deljenjem pogleda, deljenjem anotacij in interaktivnim klepetom.

1. UVOD

Z razvojem novih tehnologij se v vsakdanje življenje vse bolj vključujejo 3D vizualizacije podatkov na številnih področjih, na primer medicine, strojništva in geodezije. V medicini dobra in pravilna 3D vizualizacija zajetih podatkov v veliko primerih močno pripomore k določanju pravilne končne diagoze pacientov, saj omogoča natančnejši vpogled v notranjost človeškega telesa in s tem zmanjšuje potrebo po invazivnejših posegih. Volumetrični medicinski podatki so v večini primerov zajeti s pomočjo tehnik volumetričnega skeniranja s tehnikami računske tomografije (angl. computed tomography - CT) [4, 7], slikanja s pomočjo magnetne rezonance (angl. magnetic resonance imaging - MRI) [16], slikanja s pomočjo pozitronske emisijske tomografije (angl. positron emission tomography - PET) [15] in ultrazvoka (angl. ultrasound - US) [8]. Tako zajeti podatki so večinoma obsežni in posledično predstavlja njihova vizualizacija svojevrsten izliv. V večini primerov se izvaja na namenski, dovolj zmogljivi strojni in programski opremi. Takšna oprema je draga in stacionarna ter zdravnikom ne omogoča podajanja diagnoze in priprave na poseg na daljavo, kar otežuje pridobivanje drugega mnenja ali mnenja specialista na oddaljeni lokaciji.

Načine vizualizacije ločimo na posredne in neposredne. Pri posrednem upodabljanju podatke večinoma najprej pretvorimo v predstavitev s 3D mrežnimi modeli [13, 11, 5], ki jih nato izrišemo [3]. Pri neposrednem upodabljanju podatke vizualiziramo brez predhodne pretvorbe. Pri tem se uporablajo tehnike volumetričnega upodabljanja [6, 12] in njihove sodobne izpeljanke [10].

Za namene vizualizacije volumetričnih podatkov je bilo raz-

vitih več ogrodij in aplikacij. Exposure Renderer [9] in SimVascular¹ sta namenjeni lokalni vizualizaciji volumetričnih podatkov in podpirata napredne osvetlitvene tehnike. ParaView² omogoča paralelno obravnavo in vizualiziranje obsežnih podatkov z uporabo namenskih strežnikov. Predstavljena orodja ne podpirajo širokega nabora platform in so omejena na uporabo na namiznih računalnikih ali prenosnikih. ParaViewWeb³ omogoča uporabo preko spletnega brskalnika s pomočjo oddaljenega upodabljanja, a je prav zato njena uporaba nekoliko omejena zaradi manjše odzivnosti. Predstavljeno orodje sicer deluje na veliko platformah, a enako kot prejšnja ne omogoča oddaljenega sodelovanja med uporabniki.

V članku predstavimo ogrodje Med3D, razvito z namenom vizualizacije volumetričnih podatkov neposredno v splettem brskalniku z možnostjo oddaljenega sodelovanja med uporabniki. Ogorje delno temelji na predhodno razvitem ogrodju Neck Veins [2]. Spletna implementacija poveča doseg uporabnikov in omogoča uporabo tudi na mobilnih napravah. Uporabniku omogoča lokalno obdelavo in vizualizacijo podatkov v okviru zmožnosti naprave, na kateri deluje, in s tem omogoča visoko stopnjo interaktivnosti. V primeru zahtevnejših vizualizacij in slabih uporabiških naprav (mobilne naprave) ogrodje omogoča izvajanje zahtevnejših izračunov na strežniku, kar lahko zajema zgolj obdelavo ali pretvorbo podatkov ali celostno oddaljeno upodabljanje. Oddaljeno sodelovanje obsega možnost deljenja pogleda z oddaljenim uporabnikom in s tem njegov vpogled v dejansko stanje pacienta.

1.1 Vizualizacijsko ogrodje na spletu

Razvoja v obliki spletne aplikacije smo se lotili, ker je spletна platforma najbolj razširjena in dostopna tako na osebnih računalnikih kot mobilnih napravah. Vizualizacijsko ogrodje je primarno namenjeno vizualizaciji 3D medicinskih podatkov, lahko pa prikazuje tudi ostale 3D podatke tako v obliki poligonske mreže kot tudi volumetrične podatke, ki jih pretvori v poligonsko mrežo. Spletna platforma omogoča boljšo dostopnost aplikacije čim širšemu krogu uporabnikov ter ponostavi možnost uporabe oddaljenega upodabljanja in oddaljenega sodelovanja med uporabniki. Na sliki 1 je prikazan vmesnik razvitega ogrodja, oblikovan z namenom uporabe na različnih napravah z različnimi zaslonskimi ločljivostmi.

¹<http://simvascular.github.io/>

²<http://www.paraview.org/overview/>

³<http://paraviewweb.kitware.com/>

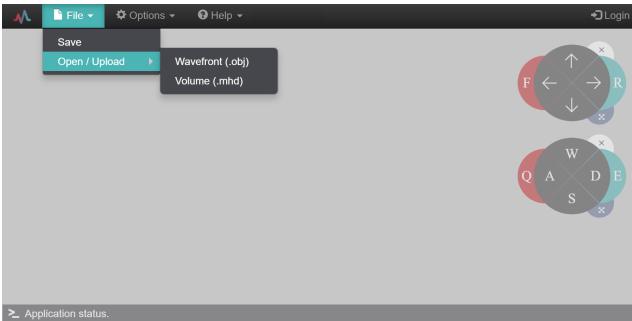


Figure 1: Slika prikazuje uporabniški vmesnik ogrodja Med3D.

1.2 Pretvorba volumetričnih podatkov v mrežni model

Večina neobdelanih volumetričnih medicinskih podatkov je podana v obliki tridimenzionalnega skalarnega polja. Zaradi želje po hitrejšem in računsko manj zahtevnem upodabljanju, kot tudi zaradi želje po hitrejšem prenosu podatkov do uporabnikov, se najpogosteje uporablja pretvorba volumetričnih podatkov v mrežni model.

Za namen pretvorbe podatkov iz volumetrične oblike v mrežni model smo v ogrodju implementirali metodo Marching cubes. Za pretvorbo obstajajo tudi sodobnejše metode [14], a smo se za uporabo Marching cubes odločili zaradi relativno nizke časovne in prostorske zahtevnosti in možnosti visoke stopnje paralelizacije [1]. To je pomembno zaradi dejstva, da se lahko algoritem poganja tudi v spletnem brskalniku na strani uporabnika, ki ponuja omejen dostop do sistemskih virov, še posebej pomnilnika. Pretvorba volumetričnih podatkov je pomembna tudi zaradi oddaljenega sodelovanja, saj je velikost poligonske mreže precej manjša od tridimenzionalnega skalarnega polja in posledično omogoča hitrejšo sinhronizacijo podatkov med uporabniki.

Glede na performančne rezultate različnih implementacij smo se odločili za implementacijo z uporabo ogrodja ASM.js⁴, ki predstavlja nizkomivojsko podmnzožico programskega jezika Javascript in dosega visoke pohitritve v primerjavi z osnovnimi implementacijami. Prav tako smo izkoristili možnosti paralelizacije z uporabo aplikacijskega vmesnika Web Workers⁵.

2. ODDALJENO SODELOVANJE

Pri vizualizaciji podatkov se velikokrat pojavi potreba po delitvi in skupni interpretaciji vizualizacij z oddaljenimi osebami. V primeru medicine to pogosto pomeni pridobivanje mnenja oddaljenih specialistov. Delitev podatkov, lokalno vizualiziranje ter interpretacija so pogosto precej neučinkoviti tako z vidika časovne potratnosti kot tudi z vidika prenosa informacij med uporabniki. Ta problem smo v predstavljanem vizualizacijskem ogrodju rešili z implementacijo oddaljenega sodelovanja.

Implementacija oddaljenega sodelovanja omogoča delitev vi-

⁴<http://asmjs.org/>

⁵<https://www.w3.org/TR/workers/>

zualiziranih podatkov in realnočasovno sinhroniziranje prikaza podatkov (scene), pogleda kamere in delitev anotacij modela med uporabniki ter vgrajeni interaktivni klepet. Uporabniki lahko z ustreznimi dovoljenji tudi prevzamejo nadzor nad kamerom in podatki. Tako implementirano sodelovanje omogoča bistveno hitrejšo interpretacijo vizualizacije podatkov, hitrejšo medsebojno komunikacijo in prenos informacij ter znanja med uporabniki.

2.1 Anotacije podatkov

V ogrodju smo omogočili dodajanje prostorsko definiranih anotacij na prikazan model. Uporabnik lahko na želeno место na modelu s klikom pripne anotacijo, ki jo lahko kasneje tudi deli z ostalimi uporabniki. Primer takšnih anotacij je prikazan v sliki 2.

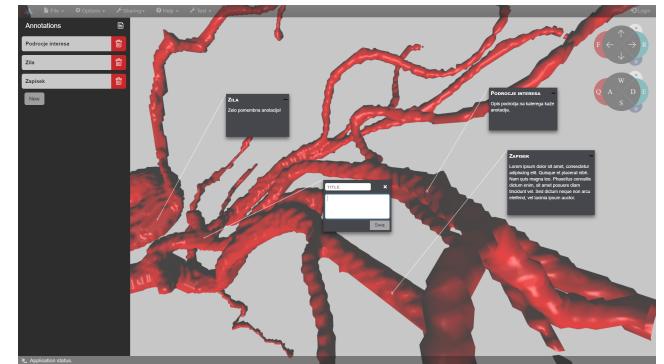


Figure 2: Prikaz anotacij na modelu žil.

2.2 Klepet

Za potrebe hitrejše komunikacije smo v ogrodje vdelali tudi možnost interaktivnega klepetja med uporabniki v isti seji. Tako lahko uporabniki med pregledom podatkov medsebojno komunicirajo in s tem izmenjujejo mnenja. Primer vgrajenega klepetja je predstavljen v sliki 3.

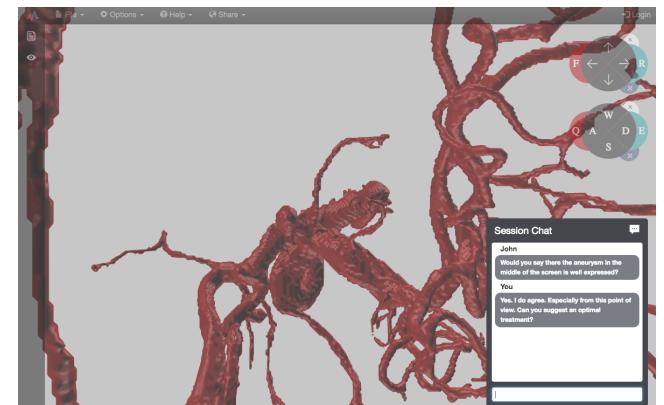


Figure 3: Prikaz vgrajenega interaktivnega klepetja.

2.3 Sinhronizacija scene med uporabniki

Ko uporabnik vzpostavi želeno sceno, lahko ta prikaz prične deliti z ostalimi uporabniki vizualizacijskega ogrodja. Gostitelj seje svojo sceno sinhronizira s strežnikom, ta pa začne

pošiljati posodobitve v obliki sprememb deljenih parametrov objektov v sceni. Tako lahko uporabnik prenese spremembe transformacij objektov, spremembe geometrije, anotacije in druge podatke. Minimalni čas med posodobitvami se nastavi dinamično in ga je mogoče prilagajati glede na kvaliteto povezave med gostiteljem in strežnikom. Prejetu sceno strežnik lokalno shrani in jo posodablja s posodobitvami gostitelja seje. S tem gostitelja seje razbremenimo razpošiljanja celotne scene novim udeležencem, saj lahko novi udeleženec pridobi trenutno sceno in njen zadnje stanje neposredno iz strežnika.

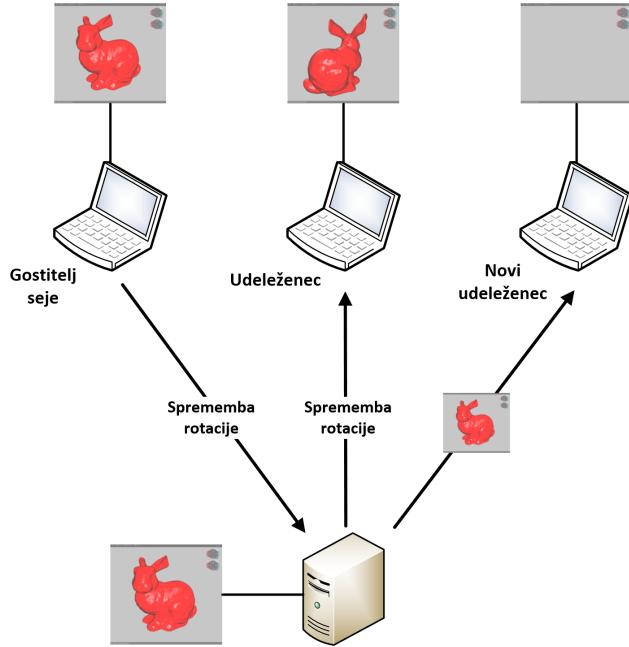


Figure 4: Slika prikazuje shemo komunikacije pri oddaljenem sodelovanju. Levo zgoraj je gostitelj seje, ki deli sceno z ostalimi uporabniki spletnne aplikacije. Gostitelj je na shemi že sinhroniziral sceno s strežnikom (spodaj desno) in mu posreduje posodobitev deljene scene, katero strežnik razpošlje vsem naročnikom in posodobi svojo lokalno kopijo scene. Zgoraj na sredini je prikazan udeleženec seje, ki je že prenesel sceno iz strežnika in sedaj prejema posodobitve gostitelja. Desno zgoraj pa je nov udeleženec seje, ki iz strežnika prenaša zadnjo verzijo scene.

Shema komunikacije pri oddaljenem sodelovanju je prikazana na sliki 4, kjer je prikazano, kako poteka sinhronizacija scene med dvema povezanimi uporabnikoma na primeru spremembe orientacije kamere in potek priklopa novega uporabnika, ki prejme celoten opis scene.

Takšna implementacija oddaljenega sodelovanja omogoča zelo odzivno interakcijo z objekti v sceni in ponuja enak vpogled v podatke več uporabnikom ogrodja sočasno.

3. ZAKLJUČKI IN NADALJNJE DELO

Predstavili smo spletno vizualizacijsko ogrodje, razvito z namenom širše dostopnosti vizualizacije 3D medicinskih in vo-

lumetričnih podatkov z možnostjo oddaljenega sodelovanja med uporabniki. V prihodnosti nameravamo v ogrodje dodati naprednejše algoritme za pretvorbo v mrežni model in vgraditi tako podporo za neposredno upodabljanje volumetričnih podatkov kot tudi oddaljeno upodabljanje na strani strežnika. Kot je v delu omenjeno, želimo z ogrodjem podpreti tudi performančno manj zmogljive naprave in omogočiti računsko zelo kompleksne vizualizacije s pomočjo oddaljenega upodabljanja.

4. REFERENCE

- [1] C. Bohak, A. Sodja, M. Marolt, U. Mitrović, and F. Pernuš. Fast segmentation, conversion and rendering of volumetric data using gpu. In *IWSSIP 2014 Proceedings*, pages 239–242, May 2014.
- [2] C. Bohak, S. Žagar, A. Sodja, P. Škrlj, U. Mitrović, F. Pernuš, and M. Marolt. Neck veins: an interactive 3D visualization of head veins. In *Proceedings of the 4th International Conference World Usability Day Slovenia 2013, 25 Nov, Ljubljana, Slovenia, E. Stojmenova (Ed.)*, pages 64–66, 2013.
- [3] W. J. Bouknicht. A procedure for generation of three-dimensional half-toned computer graphics presentations. *Commun. ACM*, 13(9):527–536, Sept. 1970.
- [4] C. R. Crawford and K. F. King. Computed tomography scanning with simultaneous patient translation. *Medical Physics*, (17):967 – 982, 1990.
- [5] M. T. Dehkordi, S. Sadri, and A. Doosthoseini. A review of coronary vessel segmentation algorithms. *J Med Signals Sens*, 1(1):49–54, 2011.
- [6] R. A. Drebin, L. Carpenter, and P. Hanrahan. Volume rendering. *SIGGRAPH Comput. Graph.*, 22(4):65–74, June 1988.
- [7] W. A. Kalender, W. Seissler, E. Klotz, and P. Vock. Spiral volumetric CT with single-breath-hold technique, continuous transport and continuous scanner rotation. *Radiology*, (176):181 – 183, 1990.
- [8] D. Krakow, J. Williams, M. Poehl, D. L. Rimoin, and L. D. Platt. Use of three-dimensional ultrasound imaging in the diagnosis of prenatal-onset skeletal dysplasias. *Ultrasound in Obstetrics and Gynecology*, 21(5):467–472, 2003.
- [9] T. Kroes, F. H. Post, and C. P. Botha. Exposure render: An interactive photo-realistic volume rendering framework. *PLoS ONE*, 7(7):1–10, July 2012.
- [10] E. P. Lafontaine and Y. D. Willem. Bi-directional path tracing. In *Proceedings if Third International Conference on Computational Graphics and Visualization Techniques (COMPUGRAPHICS '93)*, pages 145–153, 1993.
- [11] D. Lesage, E. D. Angelini, I. Bloch, and G. Funka-Lea. A review of 3d vessel lumen segmentation techniques: Models, features and extraction schemes. *Medical Image Analysis*, 13(6):819 – 845, 2009.
- [12] M. Levoy. Display of surfaces from volume data. *Computer Graphics and Applications, IEEE*, 8(3):29–37, 1988.
- [13] W. E. Lorensen and H. E. Cline. Marching cubes: A high resolution 3d surface construction algorithm. *SIGGRAPH Comput. Graph.*, 21(4):163–169, Aug. 1987.
- [14] Y. Ohtake, A. Belyaev, M. Alexa, G. Turk, and H.-P. Seidel. Multi-level partition of unity implicits. *ACM Trans. Graph.*, 22(3):463–470, July 2003.
- [15] J. M. Ollinger and J. A. Fessler. Positron-emission tomography. *IEEE Signal Processing Magazine*, 14(1):43–55, Jan 1997.
- [16] P. A. Rinck. *Magnetic Resonance in Medicine. The Basic Textbook of the European Magnetic Resonance Forum*. 9th edition, volume 9.1. TRTF, 2016. E-Version.