

Skeniranje 3D objekata metodom triangulacije lasera

Razvoj različitih tehnika 3D skeniranja dovodi do sve boljih rezultata skeniranja – odnosno verodostojnijih modela. Tim tehnikama se izrađuju i trodimenzionalne kopije objekata bazirane na skeniranju a izrađene na 3D printerima. Međutim, 3D skeneri u komercijalnoj upotrebi uglavnom su nedostupni širokoj javnosti i mogu se oslanjati na specijalan hardver, što tim rešenjima diktira visoku cenu. U ovom radu je predstavljeno hardversko rešenje za jednostavan 3D skener koji se bazira na potrošačkom hardveru – jednom pomičnom laseru koji se ručno kontroliše i jednoj kameri. Uz to, dat je opis algoritma koji omogućava interpretaciju dobijenih rezultata i kao konačan rezultat daje trodimenzionalne koordinate tačaka tela koje je snimano. Generisanje trodimenzionalnog modela tela iz tih tačaka nije obuhvaćeno ovim radom.

Uvod

3D skeniranje u savremenom svetu ima široku primenu, od kompjuterske grafike, analiza raznih objekata i terena pa sve do 3D kopiranja. Sa napretkom tehnologije samog 3D skeniranja uvedena je osnovna podela 3D skenera na:

- direktne/indirektne – kod direktnih se podaci dobijaju neposredno sa slike, a kod indirektnih je potrebna nekakva analiza slike
- aktivne/pasivne – kod aktivnih se koristi kontrolisani izvor svetlosti (laser), a kod pasivnih se koristi prirodna svetlost
- monokularne/binokularne – ako se predmet posmatra iz jedne tačke to je monokularni, a

ako se snima iz dve tačke to je binokularni skener.

Metoda skeniranja izabrana u ovom radu zasniva se na triangulaciji lasera, i ona je, prema ovoj podeli, indirektna, aktivna i monokularna. U radu je opisana korišćena aparatura (hardverski deo), kao i samo izdvajanje oblika skeniranog tela sa dobijenih slika (softverski deo). Prednost skenera obradjenog u radu je u njegovoj jednostavnosti, kako hardverskoj, tako i softverskoj. Izabrani skener za razliku od mnogih postojećih 3D skenera, uz oblik tela, prikuplja i boje površina koje skenira, što doprinosi kvalitetu dobijenog modela.

Realizacija

Opis aparature

U radu je korišćena aparatura prikazana na slici 1. Čine je sledeći elementi:

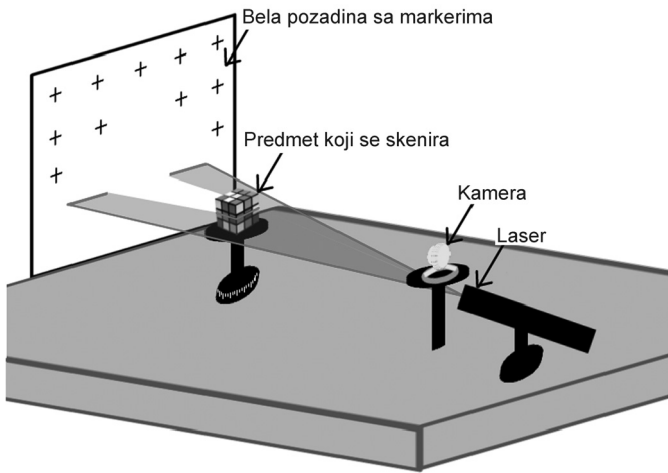
- laser sa cilindričnim sočivom koje rasipa laserski zrak u liniju
- kamera – Microsoft LifeCam VX-6000
- bela pozadina sa predefinisanim markerima
- stalak za predmet koji se skenira

Opis algoritma

Nakon što je programu prosledena slika sa kamere (slika 2), sledeći zadatak je pronalaženje laserskog zraka na slici i određivanje dela zraka koji se nalazi na predmetu. Prvo se slika prebacuje iz RGB (Red Green Blue) sistema boja u HSL (Hue Saturation Lightness) sistem boja. To omogućava lakše i preciznije izdvajanje lasera jer Lightness komponenta lasera na slici ima jako veliku vrednost (0.8 do 1 od mogućih 1). Pošto se zna da su početak i kraj lasera

Stevan Miličić (1993), Jagodina, Podnarednika Ljube 5, učenik 3. razreda Računarske gimnazije u Beogradu

MENTOR: Dragan Toroman, ISP



Slika 1. Prikaz šeme aparature korišćene za skeniranje objekata

Figure 1. The setup used for the scanning

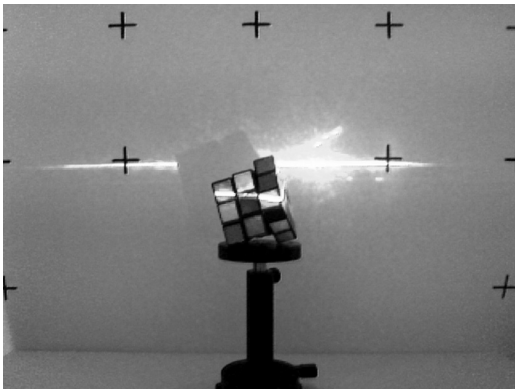
uvek van skeniranog objekta, oni se uzimaju za određivanje položaja lasera na pozadini (slika 3).

Zatim se radi izdvajanje crnih markera sa pozadine (slika 4) tako što se sa slike se izdvajaju sve crne površine. Zatim se računa standardna devijacija pozicija piksela svake crne površine koja se zatim upoređuje sa već poznatom standardnom devijacijom pozicija piksela markera, i ukoliko površina prođe proveru, marker je nađen. Ako je rastojanje između markera na slici d , a pravo rastojanje D (na korišćenoj aparaturi $D = 15$ cm), onda se može izračunati skala za dalje računanje razdaljina u cm u odnosu na razdaljine u pikselima ($D/d = \text{scale}[\text{cm}/\text{px}]$).

Kada je određena skala, moguće je odrediti ugao pod kojim laser stoji u odnosu na podlogu (slika 5). Ako je H pozicija lasera na slici kada je laser u horizontalnom položaju, h_1 trenutna pozicija lasera na slici, a h' pomeraj lasera u odnosu na H , onda je $h' = H - h_1$. Pošto je h pomeraj lasera na platnu, $h = h' \times \text{scale}$. Odatle se lako nalazi ugao pod kojim laser stoji kao:

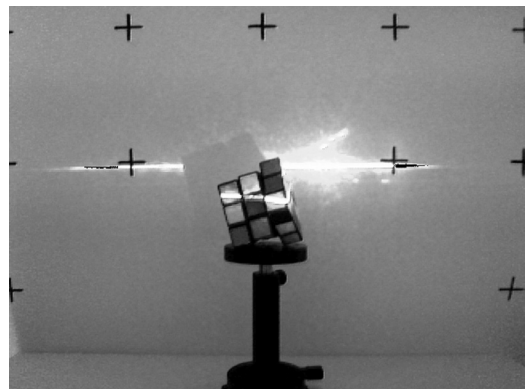
$$\text{ugao} = -\text{atg}\left(\frac{h}{L}\right),$$

gde je L rastojanje od lasera do pozadine.



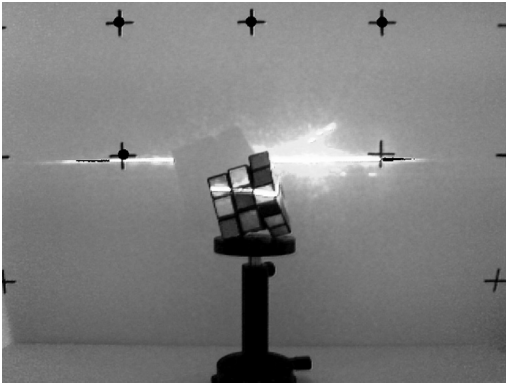
Slika 2. Primer neobrađene slike

Figure 2. An example of an unprocessed image



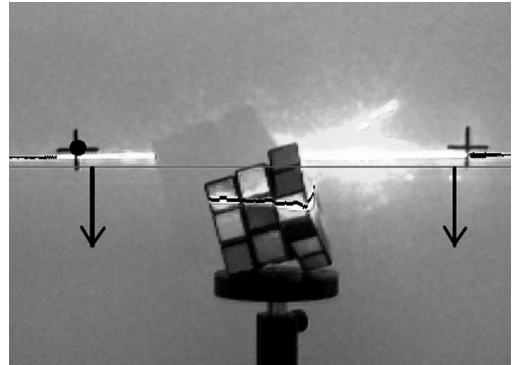
Slika 3. Izdvojeni krajevi lasera

Figure 3. Separating the ends of the laser



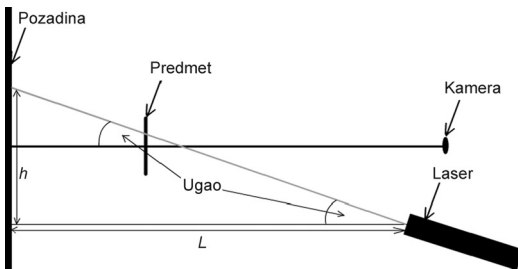
Slika 4. Izdvajanje markera

Figure 4. Separating the markers



Slika 6. Izdvajanje laserskih zraka ispod položaja lasera na objektu

Figure 6. Separating the part of the laser on the object



Slika 5. Računanje ugla lasera

Figure 5. Calculating the angle of the laser

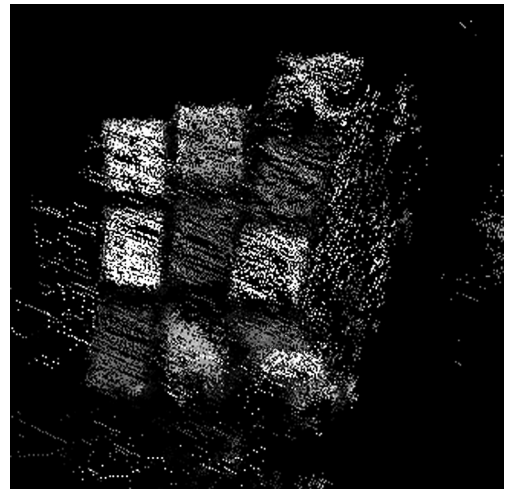
Kada je određen trenutni položaj aparature, treba izdvojiti deo lasera koji se nalazi na objektu. Izdvajaju se svi delovi lasera koji su ispod položaja lasera na pozadini (slika 6). Izbacuju se sve male grupe osvetljenih piksela koje su nastale usled odbijanja lasera od površine objekta na drugi deo objekta. Za svaku od dobijenih tačaka se zatim računa njeno rastojanje z od položaja lasera na pozadini, uzima boja objekta i računa 3D pozicija te tačke po formuli

$$z = \text{atg}(\text{ugao}) \times \text{mov}$$

gde je mov rastojanje tačke od lasera na pozadini.

Rezultati

Kao rezultat skeniranja dobija se tzv. point cloud, odnosno oblak tačaka od koga zatim treba napraviti sam model (slika 7). Uz glavni cloud pojavljuje se i mala količina šuma, koji se može lako otkloniti, jer mnogo odstupa od ostatka tačaka.



Slika 7. Dobijeni oblak tačaka (point cloud) od koga je potrebno napraviti model

Figure 7. The resulting point cloud which needs to be turned into a model

Zaključak

Način skeniranja prikazan u radu se pokazao kao jednostavan, brz i fleksibilan. Izabran je zbog mogućnosti korišćenja bilo koje kamere i lasera. Takođe, prikazani skener se pokazao uspešan u skeniranju objekata tako da se ne dobije samo oblik, već se zadrže i originalne boje objekta. Pošto se kao rezultat skeniranja dobija mnoštvo tačaka, a ne završen model, ostalo je završiti pretvaranje tih tačaka u model, kao i izbacivanje viška tačaka, na čemu se trenutno radi.

Korišćena literatura

Đukić M. 2000. Optoelektronski uređaj za 3D skeniranje objekata primenom metoda triangulacije. *Petničke sveske*, 51: 41.

Simović V. 2004. Laserski 3D skener. *Petničke sveske*, 57: 138.

RGB sistem boja –
http://en.wikipedia.org/wiki/RGB_color_model

HSL sistem boja –
http://en.wikipedia.org/wiki/HSL_and_HSV

Stevan Miličić

3D Object Scanning Using Laser Beam Triangulation

Different 3D scanning techniques are giving better and better results – modeling scanned objects reliably. Using these techniques and 3d printers it is possible to create three-dimensional replicas of objects. Still, commercial 3D scanners are mostly proprietary and they rely on special hardware which dictates high prices. This paper presents hardware solution for a simple 3D scanner based on consumer electronics – one moving laser, manually controlled and one camera. Besides that, an algorithm to interpret these results is presented, giving three-dimensional coordinates of the recorded object as a final result. Generating a three-dimensional model from these coordinates is not part of this paper. 