

Univerzitet u Novom Sadu
FAKULTET TEHNIČKIH NAUKA
Industrijsko inženjerstvo
Predmet: Reverzibilni inženjerski dizajn i 3D štampa

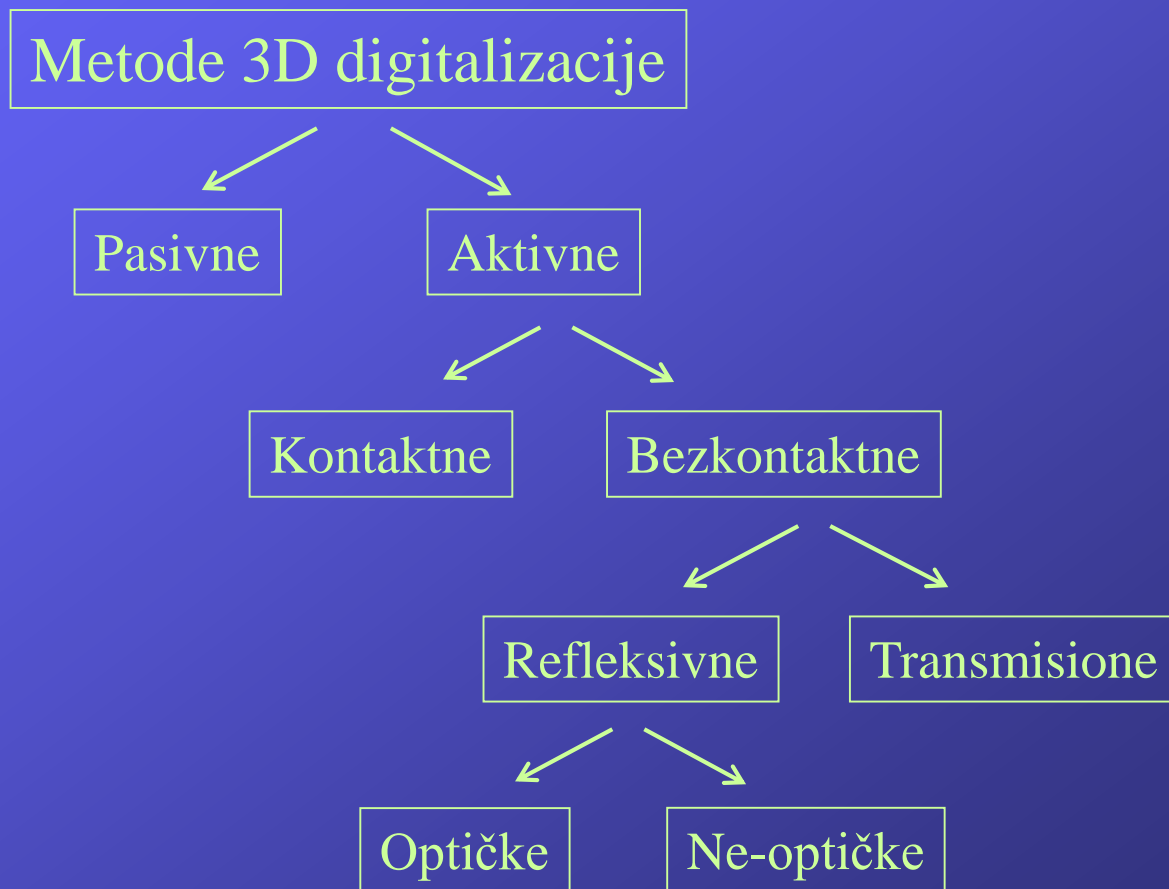
Laserska 3D digitalizacija

Predavanje 5

Prof. dr Igor Budak

METODOLOGIJA REVERZIBILNOG INŽENJERSTVA

3D digitalizacija



Optičke metode 3D digitalizacije

```
graph TD; A[Optičke metode 3D digitalizacije] --> B[Triangulacija]; A --> C[Interferometrija]; A --> D[Aktivna stereovizija]; A --> E[Aktivno (de)fokusiranje]; A --> F[Optički radar];
```

Triangulacija

Interferometrija

Aktivna stereovizija

Aktivno (de)fokusiranje

Optički radar

Triangulacija

Laserska svetlost

Strukturirana (bela) svetlost

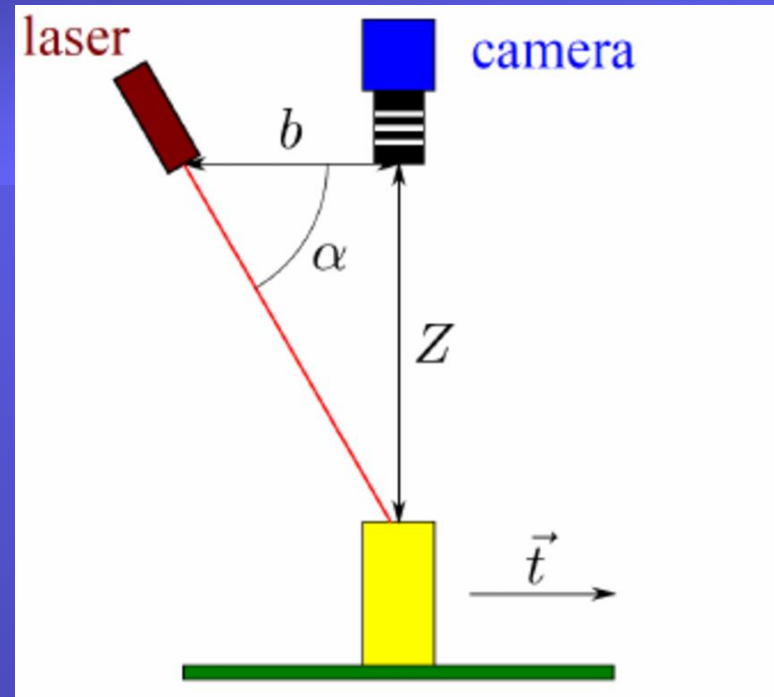
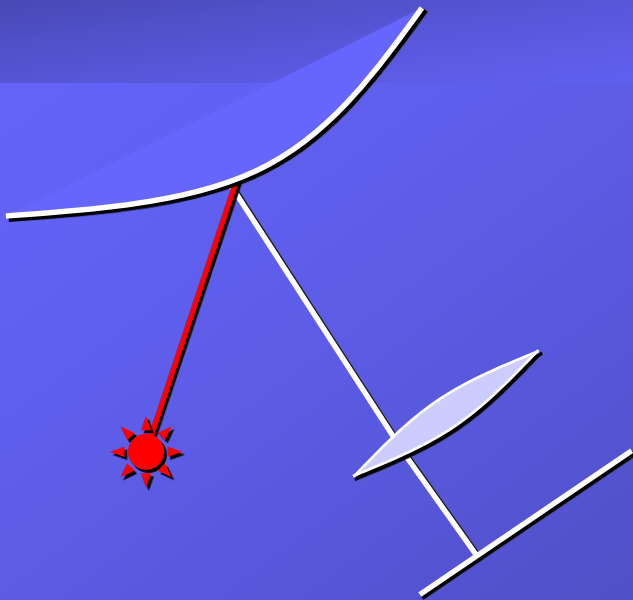


Laserski triangulacioni skener
Cyberware MS 3030



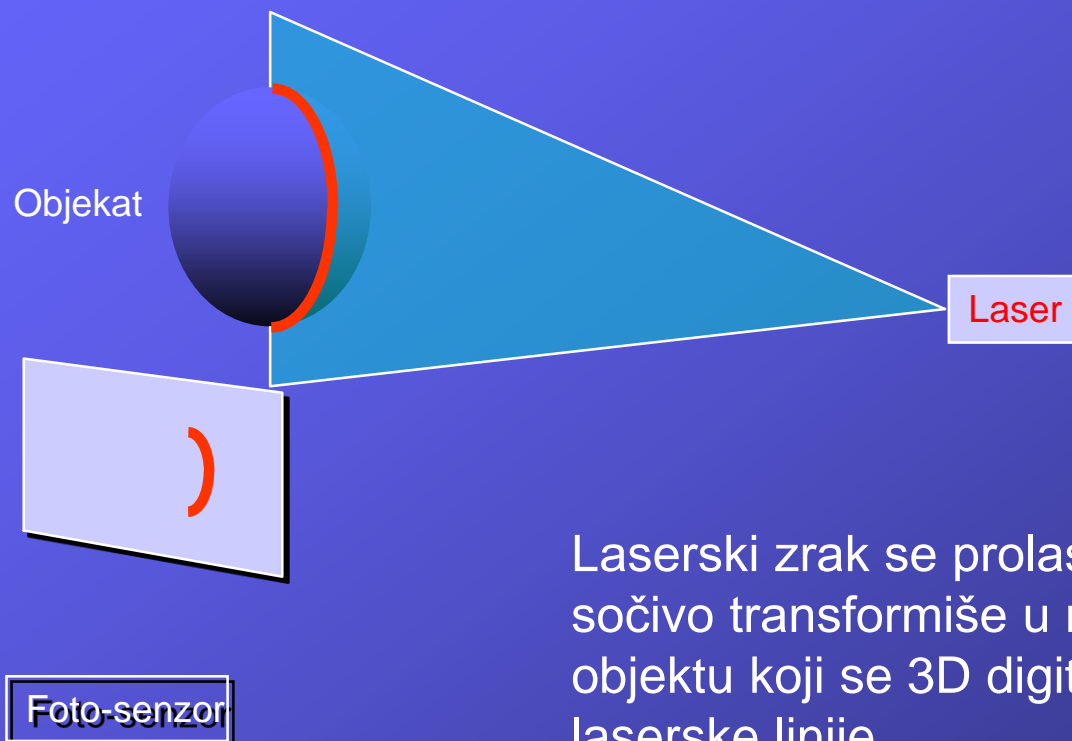
Triangulacioni skener na bazi strukturirane
svetlosti *COMET Steinbichler*

Laserska (tačkasta) triangulacija



- Triangulacija je metoda koja na osnovu lokacije i uglova između izvora svetlosti i foto-osetljivog senzora (CCD i CMOS) određuje poziciju.
- Izvor svetlosti visoke energije se fokusira i projektuje pod prethodno određenim uglom na željenu površinu.
- Foto-osetljivi senzor prikuplja refleksiju sa površine, a zatim se geometrijskom triangulacijom na osnovu poznatih rastojanja i uglova izračunava pozicija tačke na površini relativno u odnosu na referentnu ravan.

Laserska linijska triangulacija



Laserski zrak se prolaskom kroz cilindrično sočivo transformiše u ravan, koja se na objektu koji se 3D digitalizuje ispoljava u vidu laserske linije.

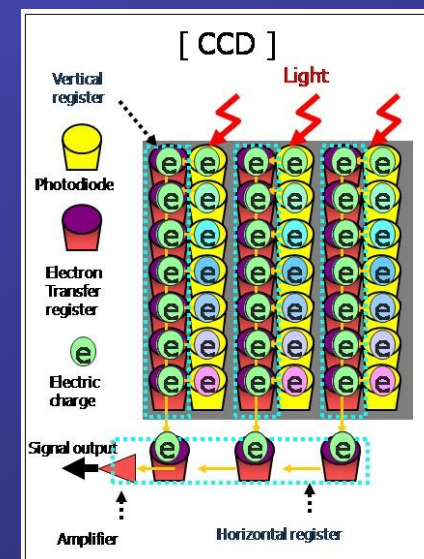
Laserska linija se na foto-senzoru detektuje kao niz tačaka, čime se istovremeno određuju koordinate niza tačaka na površini objekta. Na ovaj način se proces 3D digitalizacije značajno ubrzava.

Foto-osetljivi senzori za optičku triangulaciju

Senzori u sistemima za optičku triangulaciju se javljaju u različitim oblicima koji se mogu svrstati u jedan od sledećih tipova:

- ✓ *nulto-dimenzionalni senzori* (tačkasti): fotodiode
- ✓ *jedno-dimenzionalni senzori* (linijski): fotodiode sa lateralnim efektom, linearni CCD niz.
- ✓ *dvo-dimenzionalni senzori*: najčešće je to 2D niz CCD senzora

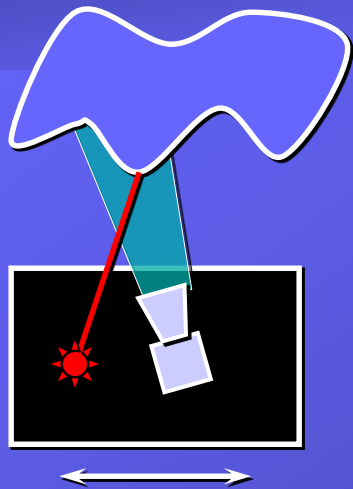
Kod jedno-tačkastog svetlosnog izvora primenjuju se prve dve vrste senzora, dok kada su u pitanju jedno- i više-linijski, kao i više-tačkasti sistemi, primenjuje se treća vrsta senzora, s tim da je moguće primeniti i prve dve vrste, ali je tada neophodno skeniranje tih senzora da bi se obezbedile dodatne dimenzije.

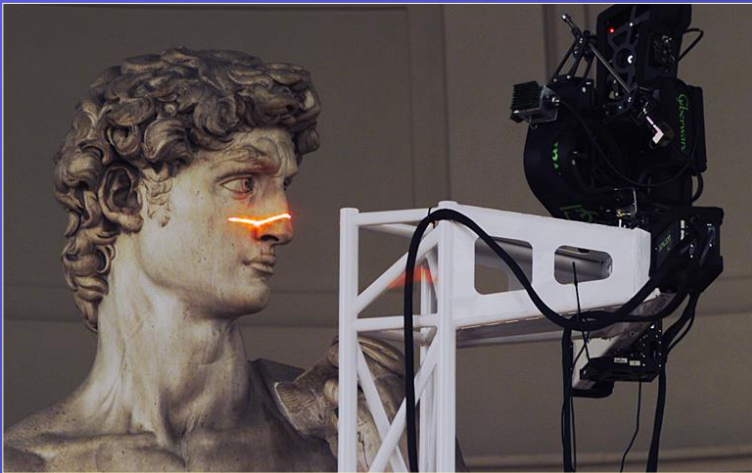
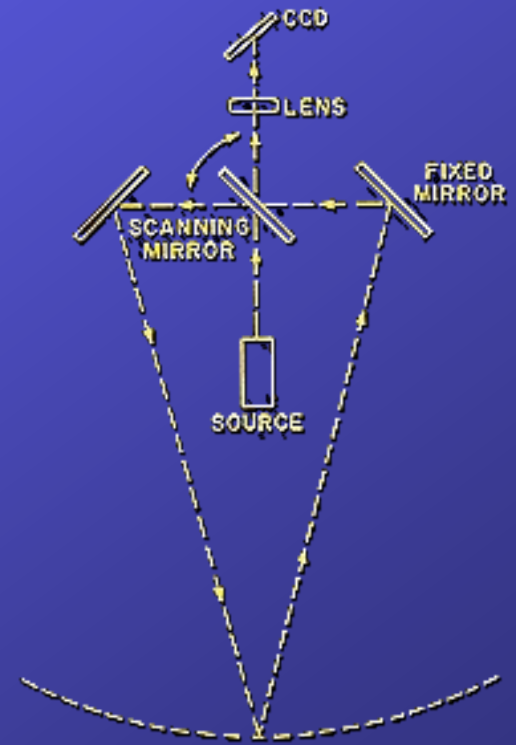
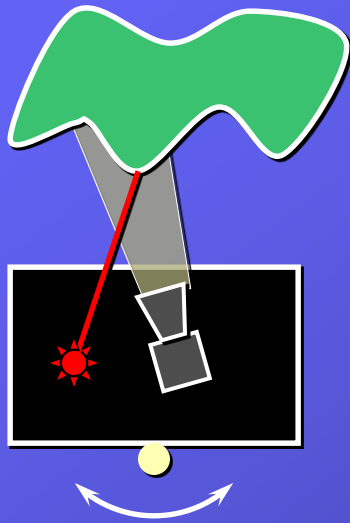


Metode skeniranja

Metoda skeniranja je takođe bitna karakteristika sistema za triangulaciju i predstavlja stvar izbora. Razlikuje se nekoliko metoda, kod kojih je osnovna razlika u odnosu kretanja objekta i sistema:

- ✓ Metoda kod koje je skener (svetlosni izvor i senzor) stacionaran, dok se platforma (koja nosi objekat) kreće translatorno i rotaciono u okviru vidnog polja;
- ✓ Metoda sa stacionarnim objektom i pokretnim skenerom;
- ✓ Metoda kod koje su i objekat i skener nepokretni, a rotirajuća ogledala usmeravaju svetlosni izvor i senzor preko objekta (ovde je bitno da senzor bude sinhronizovan sa svetlosnim izvorom).





Prednosti laserske triangulacije:

- ✓ odlično fokusiranje i sa velike udaljenosti,
- ✓ zahvaljujući činjenici da laserska svetlost ima jednoznačnu talasnu dužinu, moguće je "prekriti" senzor sa pojasnim filterom za tu talasnu dužinu, čime se smanjuje osetljivost na ambijentalno osvetljenje i samim tim smanjuje i mogućnost eventualne greške,
- ✓ kod lasera primenjivanih za triangulaciju se ne javlja problem rasipanja toplote, što je kod nekoherentnih svetlosnih izvora čest slučaj.

Nedostaci laserske triangulacije:

- ✓ pojava takozvanih laserskih pega (randomizirana koherentna interferencija zahvaljujući hrapavosti površine),
- ✓ potreba za specijalnim zaštitnim merama kod lasera koji rade na vidljivim i ultraljubičastim talasnim dužinama,
- ✓ proces akvizicije podataka laserskom triangulacijom je, usled toga što se primenjuje samo za jedno-tačkasto ili jedno-linijsko skeniranje, sporiji (po jednom merenju se kod jedno-linijske laserske triangulacije mogu dobiti podaci za oko 512 tačaka).