Poravnava 3D modelov objektov na realne 3D oblake točk

Martin Pernuš, dr. Simon Dobrišek in dr. Janez Perš

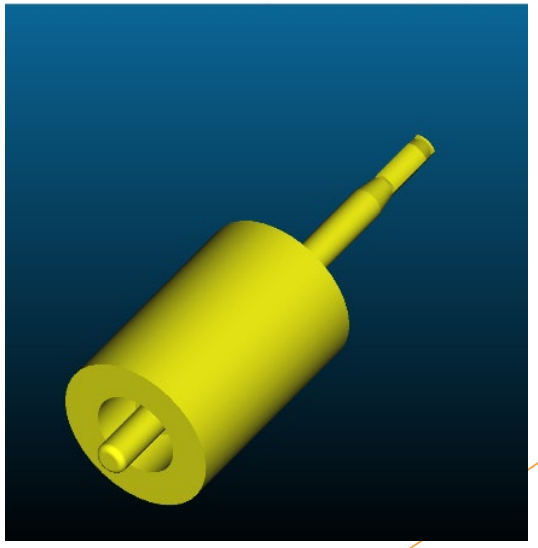
Uvod

- Porast 3D senzorjev, sposobni zajema oblaka točk
- Obravnavnavamo lokalizacijo objekta v oblaku točk
- Opisana metoda temelji na delu Drosta in soavtorjev[1]
- Po naših eksperimentih najboljši algoritem, vendar težaven kot črna škatla
- Algoritem je patentiran in implementiran v orodju HALCON[2], vendar obstaja odprtokodna različica[3]

1. B. Drost, et al. (2010), Model globally, match locally: Efficient and robust 3D object recognition, Computer Vision and Pattern Recognition, str. 998-1005.
2. *https://www.mvtec.com/products/halcon/*
3. *https://docs.opencv.org/3.0-beta/modules/surface_matching/doc/surface_matching.html*

Delovanje algoritma

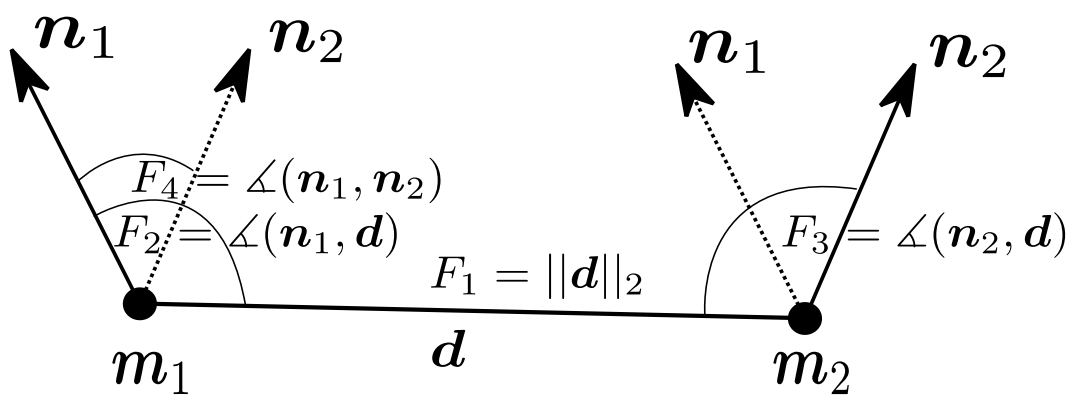
- Opis delovanja ponazorjen s primerom objekta iz proizvodnje podjetja Kolektor Vision[1]
- Delovanje algoritma lahko razdelimo na dve fazi; učna in sprotna faza
- Za posamezno fazo najprej opišemo teoretično ozadje, nato pa podamo še praktične napotke



http://www.kolektorvision.com/

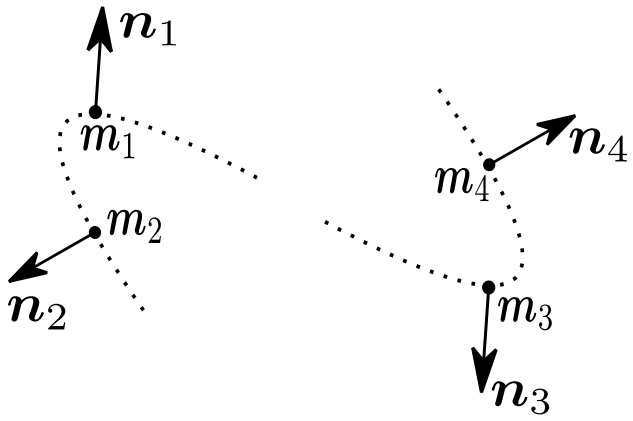
Učna faza – teorija (1/2)

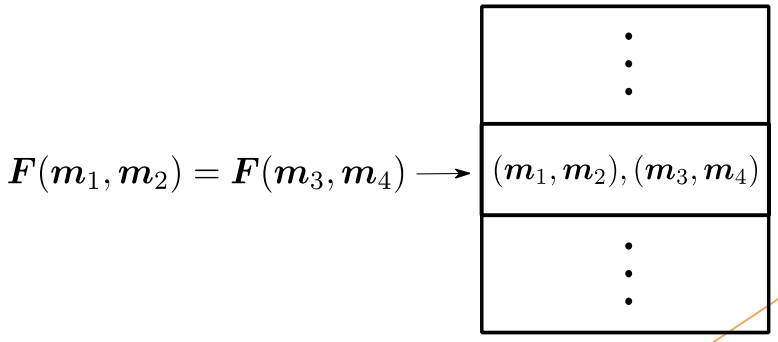
- Potrebujemo model v obliki oblaka točk z vektorji normal
- Iteracija čez pare točk; $(\boldsymbol{m}_1, \boldsymbol{m}_2)$ z normalami $(\boldsymbol{n}_1, \boldsymbol{n}_2)$
- Izračun značilk $\boldsymbol{F}(\boldsymbol{m}_1, \boldsymbol{m}_2) = (\left|\left|\boldsymbol{d}\right|\right|_2, \measuredangle(\boldsymbol{n}_1, \boldsymbol{d}), \measuredangle(\boldsymbol{n}_2, \boldsymbol{d}), \measuredangle(\boldsymbol{n}_1, \boldsymbol{n}_2))$



Učna faza – teorija (2/2)

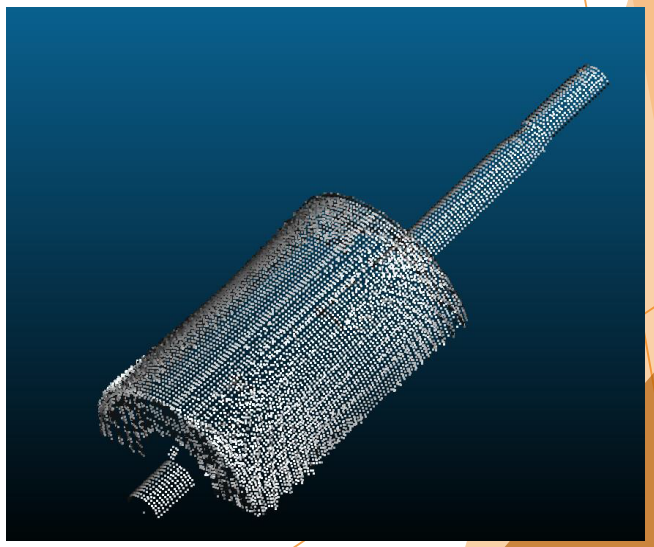
- Vektor značilk se diskretizira glede na d_{dist} in d_{angle}
- Par točk se shrani v pripadajoč ključ v zgoščevalno tabelo
- Postopek ponovimo za vsak možen par točk





Učna faza - praksa

- Najpomembnejši del je oblak točk modela
- Ta mora biti čim bolj reprezentativen
  - Le površinske točke
  - Pravilna orientacija normal
  - Odvečne dele in osamelce odstranimo
- Redčenje točk za hitrejše procesiranje
- Priporočen program: CloudCompare[1]



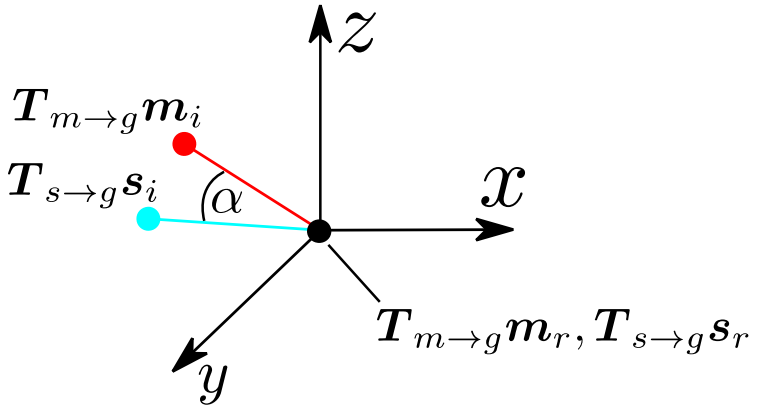
[1] https://www.danielgm.net/cc/

Sprotna faza – teorija (1/3)

- Imamo 3D sceno z enim ali več objektom
- Procesiramo znova vse možne pare točk
- Obravnavajmo referenčno točko $\boldsymbol{s}_r$ in trenutno $\boldsymbol{s}_i$
- Izračunamo vektor značilk $\boldsymbol{F}(\boldsymbol{s}_r, \boldsymbol{s}_i)$, diskretiziramo
- Glede na ključ zgoščevalne tabele pridobimo sorodne točke $(\boldsymbol{m}_r, \boldsymbol{m}_i)$

Sprotna faza – teorija (2/3)

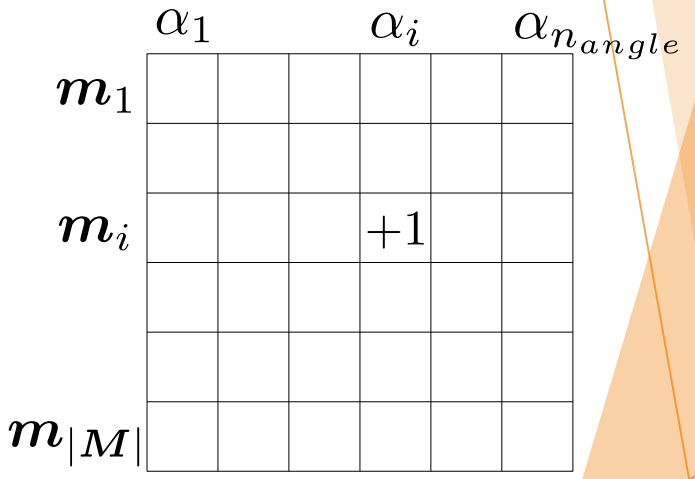
- Kombinacija $(\boldsymbol{m}_i, \alpha)$ je zadosti za izračun transformacijske matrike: $\boldsymbol{s}_i = \boldsymbol{T}\boldsymbol{m}_i = \boldsymbol{T}_{\{s\to g\}}^{-1}\boldsymbol{R}_x(\alpha)\boldsymbol{T}_{\{m\to g\}}\boldsymbol{m}_i$



- Polnjenje akumulatorja $(\boldsymbol{m}_i, \alpha)$ za trenutno $\boldsymbol{s}_r$

Sprotna faza – teorija (3/3)

- Po iteraciji čez vse s_i izračunamo transformacijsko matriko le za najpolnejši del akumulatorja
- Postopek ponovimo še za vse ostale s_r
- Na koncu vse pridobljene trans. matrike združimo glede na podobnost v translaciji in rotaciji
- Transformacija modela in ICP za fino prileganje



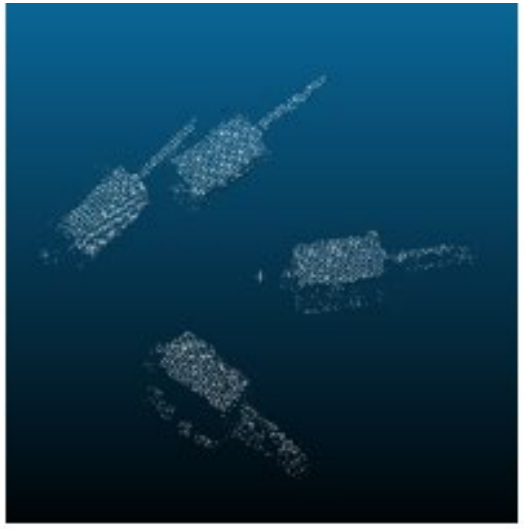
Sprotna faza – praksa (1/2)

- Najpomembnejše: kvaliteten oblak točk scene
- Potrebujemo čim več reprezentativnih točk
  - Izoliramo željeno območje, odstranitev osamelcev
  - Neuporabnih ravnin se znebimo z metodo RANSAC
  - Priporočilo: knjižnica PCL[1] (C++, Python vmesnik)
- Za fino prileganje uporabimo model z večimi točkami

http://www.pointclouds.org/documentation/

Sprotna faza – praksa (2/2)

- Izbor najboljše transformacijske matrike
- Delež točk transformiranega modela, ki ima blizu točko na sceni glede na nek prag



Primerjava komercialne in odprtokodne različice algoritma

OpenCV

- Počasnejši
- Majhen hrošč (kvaternioni niso normirani)
- Ni K.F. deleža bližnjih točk
- Ni izračuna normal
- Ni shranjevanja modela
- Ne omogoča predobdelave oblakov
- Zastonj

HALCON

- Hitrejši
- Shranjevanje modela
- Izračun normal
- K.F. Delež bližnjih točk
- Ne omogoča predobdelave oblakov
- Plačljiv

Zaključek

- Predstavljena je metoda za lokalizacijo 3D modelov
- Podani so praktični nasveti za uporabo algoritmov v odprtokodni in komercialni izvedbi
- Razlaga podprta s primerom na podatkih s strani podjetja Kolektor Vision

Hvala za pozornost!