

## Obsah

- Princíp fungovania
- Využitie
- Aplikácie s laserovým diaľkomerom

2

## Prečo laserový diaľkomer



- Vstupná brána do 3D
- 3D dáta sa postupne presadzujú v konzumnej elektronike
- Ľahká fúzia s vizuálnym systémom
- Vysoká presnosť (rádovo v mm, špecifické aplikácie mikrometre)
- Merací rozsah (od niekoľko mm do 100\*n metrov)

3

## Realizácia



1D

2D

3D

+Intenzita



4

## Realizácia

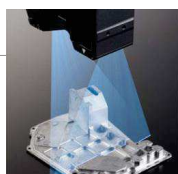


1D

2D

3D

+Intenzita



5

## Realizácia

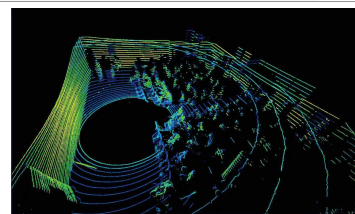


1D

2D

3D

+Intenzita

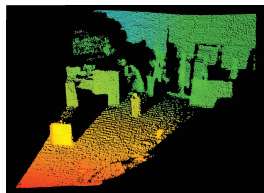


6

## Výstup z Laserového diaľkomera



- Množina bodov s polárnymi súradnicami
  - Menší dátový tok
- Point cloud
  - Karteziánske súradnice
  - Ľahšie predstaviteľné



7

## Princíp fungovania



- Triangulácia
- Frekvenčná modulácia
- Amplitúdová modulácia
- Meranie doby letu



8

## Princíp meranie doby letu



Málo používané

Drahá elektronika

Malé rozlíšenie



9

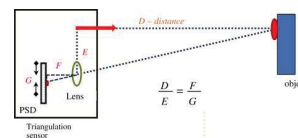
## Princíp - Triangulácia



Jednoduchá realizácia

Veľká nelinearita

Vysoká presnosť alebo veľký rozsah vzdialenosti



10

## Princíp - Triangulácia



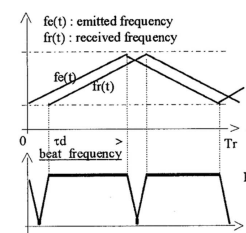
11

## Princíp – Frekvenčná modulácia



Nutnosť kontinuálneho merania – zlé rozlíšenie pri rotačných lidaroch

Schopnosť detekcie rýchlosti objektov



12

## Princíp – Frekvenčná modulácia



13

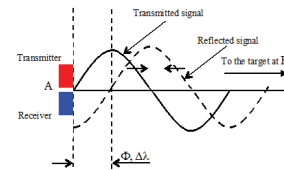
## Princíp – Amplitúdová modulácia



Najčastejšia technológia

Vysiela krátke impulzy

Nejednoznačnosť pri veľkých vzdialenostiach



14

## Princíp – Amplitúdová modulácia



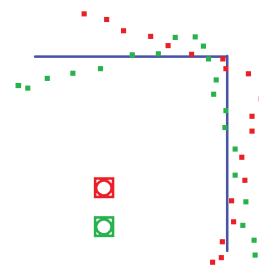
15

## Dôležité parametre



Odolnosť na slnečné žiarenie

Časová synchronizácia



16

## Časová synchronizácia



Kontinuálne posielanie bodov

- Premenná chyba na linke
- Neznámy offset – nutnosť kalibrácie
- Vhodné pre nižšie frekvencie posielania



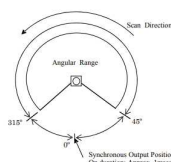
17

## Časová synchronizácia



Pulz na definovanom mieste

- Nutnosť detekcie pulzov a ich synchronizácia
- Spoľahlivé a presné

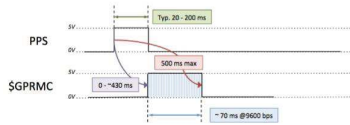


18

## Časová synchronizácia

Vstupný pulz a časová informácia

- Nutnosť generovať pravidelné pulzy
- Informácia o čase vo vnútri packetov



19



## Čo treba robiť s údajmi?

20

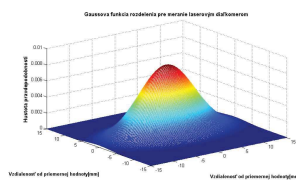
## Určenie Parametrov

Katalógové údaje

Štatistické meranie

Pravdepodobnostný model

Kalibrácia



21

## Predspracovanie

Potlačíť šum

Odstrániť nepravdivé údaje

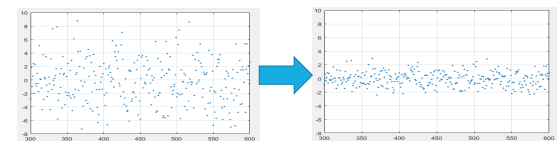
Segmentácia

Zjednodušenie dát

Rôzne farby šumu

Dolnopriepustné filtre

Kalmanov filter



22

## Predspracovanie

Potlačíť šum

Odstrániť nepravdivé údaje

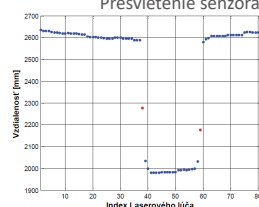
Segmentácia

Zjednodušenie dát

Zmiešané body

Impulzný šum

Presvietenie senzora



23

## Predspracovanie

Potlačíť šum

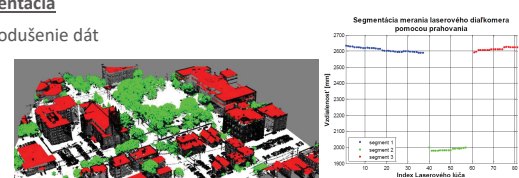
Odstrániť nepravdivé údaje

Segmentácia

Zjednodušenie dát

Rozdeliť body na zhluky

Detekcia dynamických objektov



24

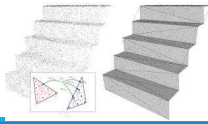
## Predspracovanie

Potlačíť šum

Odstrániť nepravdivé údaje

Segmentácia

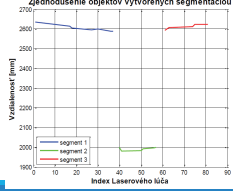
**Zjednodušenie dát**



Spojité náhrady

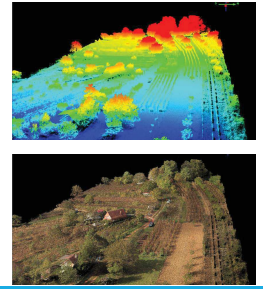
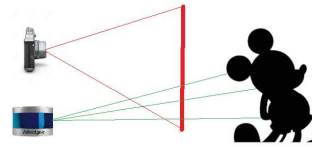
Vynechanie duplicitných údajov

Mriežkové reprezentácie



25

## Farbenie bodov



26

## Aplikácie

27

## Mobilná robotika

Navigácia

Mapovanie

Lokalizácia

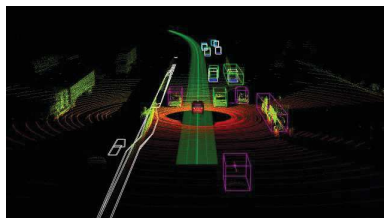


28

## Mobilná robotika - Navigácia

Nájsť prekážku v ceste

Určiť nový(voľný) smer pohybu



29

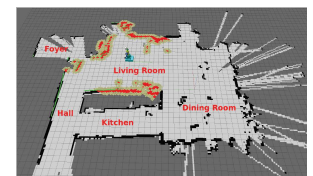
## Mobilná robotika - Mapovanie

Transformácia bodov z lokálnej sústavy do globálnej

Triviálna úloha pri známej polohe

- GPS
- IMU
- Značky

Rôzne reprezentácie mapy- množstvo bodov



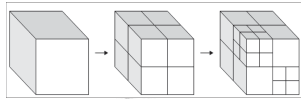
30

# Mobilná robotika- Mapovanie



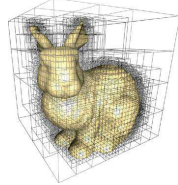
## Oktomapy

- Dobrý pomer veľkosť / presnosť

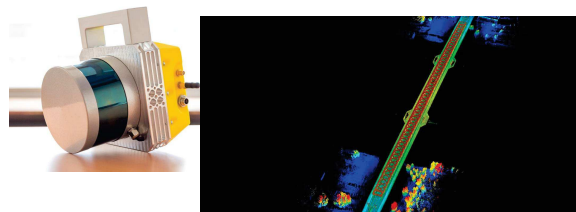


## TSDF

- Voxel mapa
- Dobré kombinovať s voxel hashing



# Geodetické Mapovanie



# Mobilná robotika - Lokalizácia

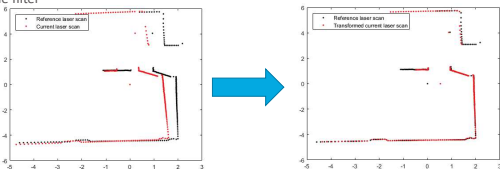


## V známej/neznámej mape

- Detekcia značiek

## Pravdepodobnostná lokalizácia

- Ransac
- Particle filter
- ICP



# Mobilná robotika - Lokalizácia

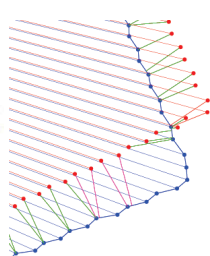
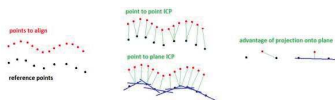


$$\begin{aligned}
 X &= \{x_1, \dots, x_n\} \rightarrow E(R, t) = \frac{1}{N_p} \sum_{i=1}^{N_p} \|x_i - Rp_i - t\|^2 \\
 P &= \{p_1, \dots, p_n\} \\
 \mu_x &= \frac{1}{N_x} \sum_{i=1}^{N_x} x_i \\
 \mu_p &= \frac{1}{N_p} \sum_{i=1}^{N_p} p_i \\
 X' &= \{x_i - \mu_x\} = \{x'_i\} \\
 P' &= \{p_i - \mu_p\} = \{p'_i\} \\
 W &= \sum_{i=1}^{N_p} x'_i p'^T_i \\
 W &= U \begin{bmatrix} \sigma_1 & 0 & 0 \\ 0 & \sigma_2 & 0 \\ 0 & 0 & \sigma_3 \end{bmatrix} V^T \\
 R &= UV^T \\
 t &= \mu_x - R\mu_p
 \end{aligned}$$

# Mobilná robotika - Lokalizácia



## Lokalizácia - ICP



# Mobilná robotika - Lokalizácia



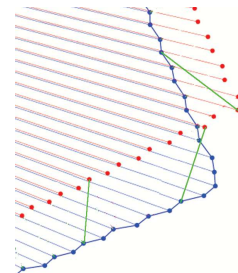
## Lokalizácia – RANSAC

Random Sample and Consensus

Náhodný výber bodov

Veľa iterácií

Rôzne metódy výberu bodov



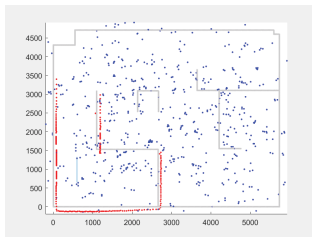
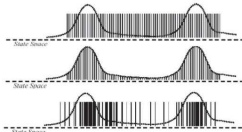
## Mobilná robotika - Lokalizácia



Lokalizácia – Particle Filter

Generovanie veľa náhodných stavov

Môžnosť byť vo viacerých stavoch zároveň



37

## Priemyselná robotika



Inšpekcia

Vytváranie 3D modelov

Hľadanie objektov záujmu

Bezpečnosť

Vysoká presnosť

Robustné vyhotovenie

Nebezpečné prostredie

38

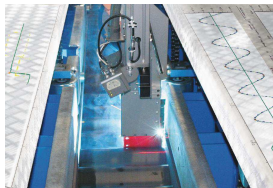
## Priemyselná robotika - Inšpekcia



Kontrola kvality

Defektoskopia

Kompenzácia pohybu



39

## Priemyselná robotika-3D modely



Tvorba prototypov

Porovnávanie z CAD modelom



40

## Priemyselná robotika -vyhľadavanie



Kalibrácia

Bin picking



41

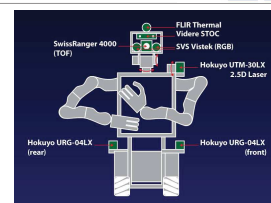
## Priemyselná robotika - Bezpečnosť



Prítomnosť objektu

Vyhýbanie sa

Kolaboratívna robotika



42

# Ďakujem za pozornosť

---

ING. MARTIN DEKAN, PHD.  
MARTIN.DEKAN@STUBA.SK

