

**SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE
FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY**

Evidenčné číslo: FEI-100863-87902

**Metódy určovania najlepšieho nasledujúceho pohľadu
priemyselného robota v procese mapovania neznámeho
prostredia**

Študijný program:	Robotika a kybernetika
Študijný odbor:	kybernetika
Školiace pracovisko:	Ústav robotiky a kybernetiky
Vedúci záverečnej práce/školiťel':	Ing. Michal Dobiš

Bratislava 2021

Artur Shults

Zadanie:

Aplikácie autonómnej navigácie priemyselného robota využívajú existujúcu mapu prostredia (lokálnu alebo globálnu). Mapa prostredia môže byť vytvorená aj počas samotnej navigácie. V tomto prípade môžu existovať požiadavky o zmapovanie neznámeho prostredia. Aby takáto činnosť bola čo najefektívnejšia a najrýchlejšia, je dôležité minimalizovať počet presunov robota. Touto problematikou sa zaoberajú metódy o určení najlepšieho nasledujúceho pohľadu robota, zvyčajne označovaných aj ako View Planning. Cieľom tejto práce je naštudovať problematiku o určení nasledujúceho najlepšieho pohľadu na scénu s robotom a zanalyzovať dostupné algoritmy so zameraním na optimalizáciu počtu polôh robota pri mapovaní prostredia. Výsledky je potrebné overiť simulačne aspoň na jednom vybranom algoritme. Ako simulačné prostredie je odporúčené použiť ROS Gazebo.

Úlohy:

1. Oboznámte sa s problematikou o určovaní najlepšieho nasledujúceho pohľadu (View Planning) robota v 3D priestore.
2. Analyzujte dostupné algoritmy View Planning so zameraním na optimalizáciu počtu polôh robota.
3. Oboznámte sa so simulačným prostredím.
4. Aspoň jednu vybranú metódu overte simulačne.
5. Spracujte a vyhodnoťte výsledky.
6. Vypracujte dokumentáciu k dosiahnutým výsledkom.

Abstrakt

Slovenská technická univerzita v Bratislave

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY

Študijný odbor: Kybernetika

Študijný program: Robotika a kybernetika

Autor: Artur Shults

Metódy určovania najlepšieho nasledujúceho pohľadu priemyselného robota v procese mapovania neznámeho prostredia

Vedúci diplomovej práce: Ing. Michal Dobiš

Kľúčové slova:

Pre navigáciu robota v prostredí je dôležitá mať mapu miestnosti, v ktorej sa robot nachádza. V prípade kedy mapu vytvárame v procese navigácie jedným z najväčších problémov je to, ako umiestniť kameru, aby najrýchlejšie a najpresnejšie vytvoril mapu prostredia. Aby vyriešiť tento problém existuje množstvo algoritmov view planning. Cieľom tejto práce je pomocou simulácie porovnať existujúce algoritmy view planing. Výsledkom práce by malo byť overenie efektívnosti metód view planning.

Obsah

Zadanie:.....	2
Abstrakt.....	3
Úvod.....	5
1 Problematika určovania najlepšieho nasledujúceho pohľadu (View Planning).....	5
1.1 Reprezentácia prostredia.....	5
1.1.1 Mapy prostredia:.....	5
1.1.2 Mapovanie prostredia.....	7
1.2 Opis robotického manipulatora.....	7
1.2 Hlbkova kamera.....	8
2 Analyza dostupnych algoritmov View Planning.....	9
2.1 MODEL-BASED VIEW PLANNING.....	9
2.1.1 Set Theory Methods.....	9
2.1.2 Graph Theory Methods.....	9
2.1.3 Computational Geometry Methods.....	9
2.2 NON-MODEL-BASED VIEW PLANNING.....	9
2.2.1 Surface-Based Methods.....	9
2.2.2 Volumetric Methods.....	9
2.2.3 Global View Planning Methods.....	9
3 Nástroje na testovanie algoritmov view planning.....	9
3.1 ROS.....	10
3.2 Simulačné prostredie.....	10
3.3 MoveIt.....	11
4 Simulácia metódy volumetrickeho najlepšieho ďalšieho pohľadu.....	11
4.1 Metoda 1.....	11
4.2 Metoda 2.....	11
4.3 Metoda 3.....	11
5 Vyhodnotenie výsledkov.....	11
Záver.....	11

Úvod

1 Problematika určovania najlepšieho nasledujúceho pohľadu (View Planning)

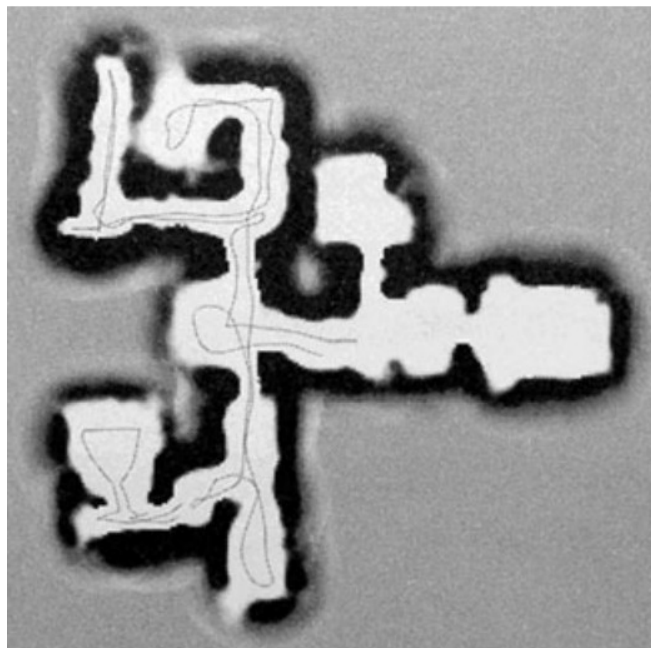
Pre porovnanie metód najlepšieho nasledujúceho pohľadu je potrebné určiť aké metódy a prostriedky použiť. Minimálne pre úlohu je potrebné nástroje na simuláciu a kontrolu robota, roboticky manipulátor a hĺbková kamera, pomocou ktorých je možné otestovať algoritmy.

1.1 Reprezentácia prostredia

Prostredie je možné reprezentovať pomocou mapy prostredia, ktorá sa vytvára v reálnom čase. Mapa by mala reprezentovať geometriu priestoru okolo robota, aby robot prispôbil pohyb v závislosti od prekážok okolo neho. Rviz použitý v tejto práci má funkciu na vytvorenie oktmapy pomocou dát z hĺbkovej kamery. Rovnako sa pri plánovaní pohybu robota rviz zohľadňuje údaje z oktomapy. Ako takú reprezentáciu môže použiť metrickú, topologickú alebo hybridnú mapu prostredia.[<https://www.atpjournal.sk/buxus/docs/atp-2005-08-60.pdf>]

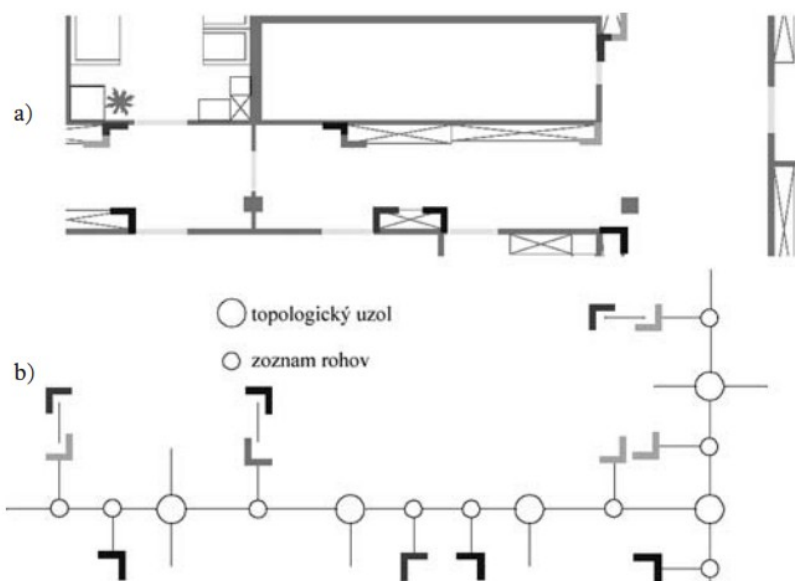
1.1.1 Mapy prostredia:

- Metrická mapa - reprezentuje prostredie na základe geometrických závislostí objektov v reprezentovanom prostredí. Vychodou metrickej mapy je možnosť vytvoriť podrobnú reprezentáciu prostredia. Nevýhodou je veľký objem dát na zaznamenanie



Obr. 1: Metrická mapaú[https://www.atpjournal.sk/buxus/docs/atp-2004-02-63_64.pdf]

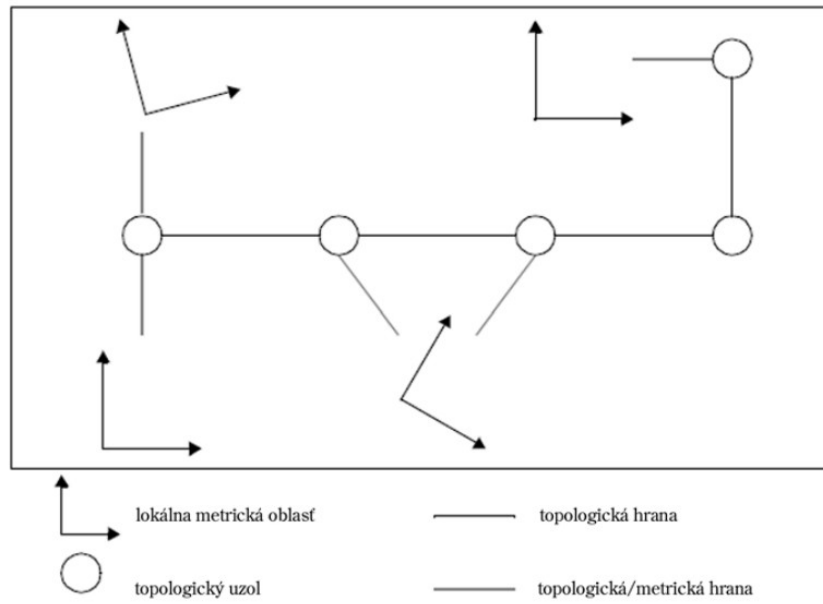
- Topologická mapa - je formou grafu, kde uzly grafu reprezentujú vlastnosti prostredia a hrany grafu vzťahy medzi vlastnosťami prostredia. Výhodou je nízka kapacita dát na zaznamenovanie. Nevýhodou je problém s rozpoznávaním a identifikáciou vlastností prostredia na základe ktorých tvorí sa mapa



Obr. 2:

a) časť chodby s extrahovanými vlastnosťami prostredia – rohmi a vchodmi, b) topologická mapa reprezentovaná grafom
[\[https://www.atpjournals.sk/buxus/docs/atp-2005-09-65.pdf\]](https://www.atpjournals.sk/buxus/docs/atp-2005-09-65.pdf)

- Hybridná mapa - je kombináciou metrickej a topologickej mapy. Reprezentujúci význačné miesta v prostredí uzly môžu byť opísané metrickou a topologickou formou. Ma výhody metrickeho a topologickeho metóda, ale ma problém určenia miest, kde potrebné prepnúť formu mapovania.



Obr. 3: Hybridná mapa[https://www.atpjournals.sk/buxus/docs/atp-2004-02-63_64.pdf]

1.1.2 Mapovanie prostredia

Pre mapovanie prostredia je možné použiť hĺbkovú kameru. Výstupom kamery je množstvo bodov s označením vzdialenosti od kamery. Porovnaním výstupu z kamery a polohy robota je možné vytvoriť mračno bodov reprezentujúcu reálnu polohu objektov v okolí robota. Postupným pridávaním nových údajov z mračna bodov do mapy je možné vytvoriť celkovú mapu prostredia. View planning algoritmy umožňujú znížiť čas na zostavenie mapy prostredia.

1.2 Opis robotického manipulatora

Robotický manipulátor - zariadenie na manipuláciu s materiálmi bez priameho fyzického kontaktu s operátorom.

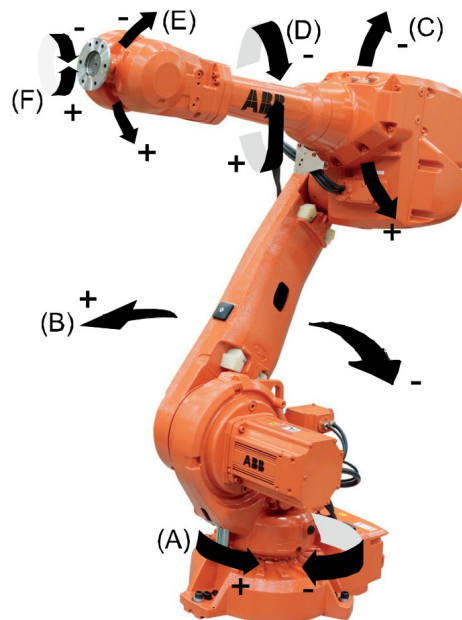
Cieľom priamej a inverznej kinematiky je určiť polohu koncového efektora a hodnoty stavového vektora segmentovej štruktúry.[https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=116652]

- Priama kinematika - postupným výpočtom jednotlivých stavov stavového vektora pre všetky segmenty štruktúry vieme nájsť konečnú polohu.
- Inverzná kinematika(cieľom riadený pohyb) - definovaný iba konečnou polohou efektora. Parametre a orientáciu všetkých kĺbov nachádzajú kinematické rovnice.

Ako robotický manipulátor používame ABB IRB 4600-40/2.55 Obr. 4. Model robota pri použití v simulácii je možné stiahnuť priamo od výrobcu a implementovať pomocou MoveIt.

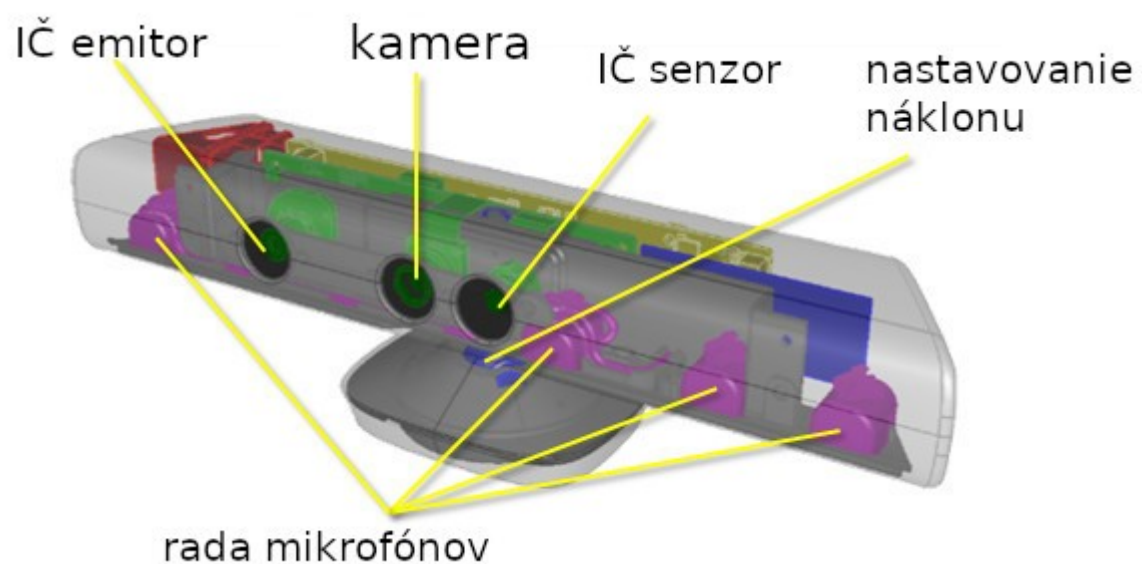
Parametre robota:[<https://new.abb.com/products/robotics/sk/roboty/irb-4600>]

Nosnosť	40 kg
Dosiahnuteľnosť	2.25 m
Hmotnosť	435 kg



Obr. 4: ABB IRB 4600-40/2.25

1.2 Hlbkova kamera



Obr. 5: Vnútorná štruktúra Microsoft Kinect[<https://docs.microsoft.com/en-us/archive/msdn-magazine/2012/november/kinect-3d-sight-with-kinect>]

Pre vytvorenie mapy prostredia potrebujeme hĺbkovú kameru s možnosťou montáže na robota a obyčajnou kamerou pre kontrolu. Ako hĺbkovú kameru používame *Microsoft Kinect* (640 x 480 px) Obr. 5. Kamera ma IR senzor pomocú, ktorého je možné zistiť vzdialenosť k bodu na ploche, na ktorú pozerá kamera a vytvoriť mapu prostredia okolo kamery
[<https://en.wikipedia.org/wiki/Kinect>]

2 Analyza dostupnych algoritmov View Planning

2.1 MODEL-BASED VIEW PLANNING

2.1.1 Set Theory Methods

...

2.1.2 Graph Theory Methods

...

2.1.3 Computational Geometry Methods

...

2.2 NON-MODEL-BASED VIEW PLANNING

2.2.1 Surface-Based Methods

..

2.2.2 Volumetric Methods

Metod je založený na tom, že robot vie polohu a rozmery objektu. V prvom kroku algoritmu, robot vykoná skanovanie hĺbkovou kamerou. Vytvorí mračno bodov zhodne s referenčnou polohou. Druhý krok je vytvoriť množstvo kandidačných pohľadov. Každý kandidačný pohľad oceníme podľa toho koľko novej informácie vieme zistiť. Tretí krok skanovanie hĺbkovou kamerou z najlepšieho kandidačného pohľadu a pridanie nových bodov do mapy. Opakujeme druhý a tretí krok pokiaľ môžeme zistiť novú informáciu z kandidačných pohľadov.

2.2.3 Global View Planning Methods

...

3 Nástroje na testovanie algoritmov view planning

Na testovanie algoritmov je otrbne mať možnosť simulovať prostredie a riadiť robota v simulovanom prostredí.

3.1 ROS

Robotický operačný systém (Robotic operating system - ROS) predstavuje voľne dostupný softvér, ktorý výrazne uľahčuje prácu pri riešení rôznych zložitých úloh robotiky. ROS je kolekcia frameworkov a knižníc pre vývoj robotického softvéru, abstrakciu hardvéru a nízkoúrovňové riadenie zariadení a výmenu správ medzi procesmi. Pomocou softvéru v systéme ROS je možné realizovať simuláciu, riadenie robota a vizualizáciu procesu vytvárania priestorovej mapy.

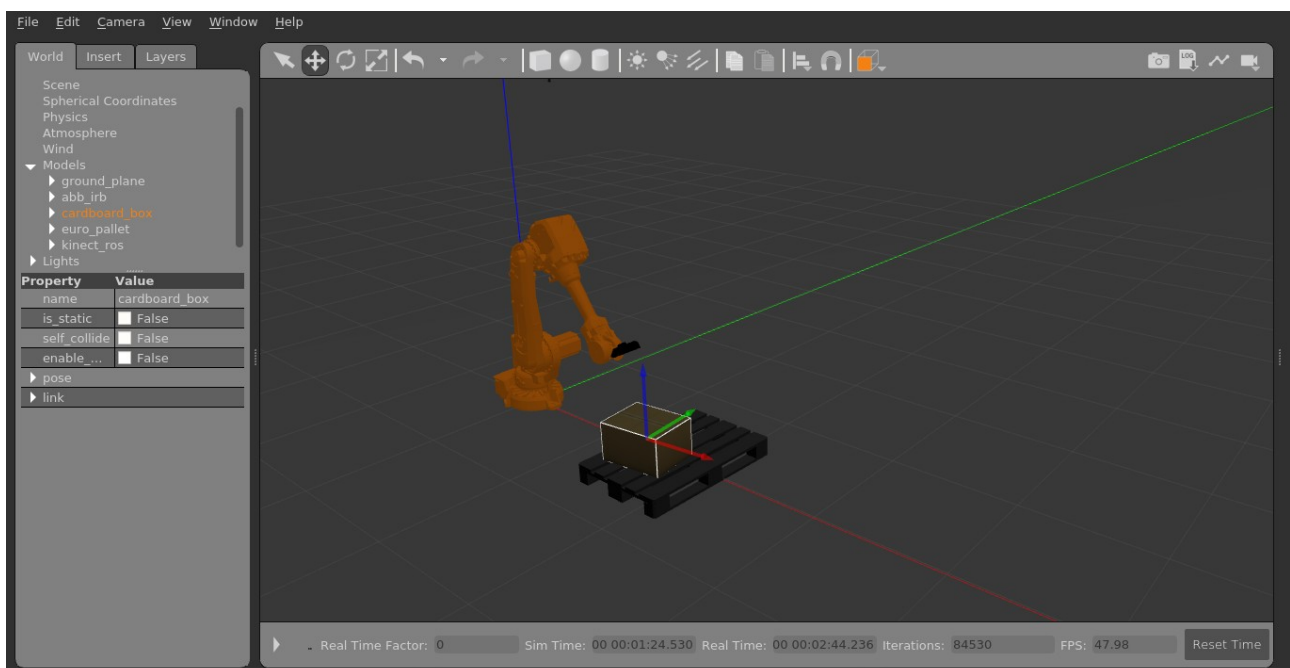
Pre potreby tejto práce sa budú využívať nasledovne ROS balíky:

- rviz - na vizualizáciu robota
- moveit - na plánovanie pohybov robota
- gazebo - na simuláciu robota a priestoru okolo neho

[<http://wiki.ros.org/ROS/Introduction>]

3.2 Simulačné prostredie

Gazebo je open source platforma na vytváranie a testovanie riadiacich algoritmov robotov. Na testovanie view planning algoritmov je použitá schopnosť gazebo simulovať robota, riadiaci systém robota a čítať informáciu zo senzorov a kamery. Tiež gazebo umožňuje vytvárať a meniť prostredie robota. Na testovanie v gazebo sa použila model manipulátora ABB IRB 4600-40 / 2.55 s nainštalovanou kamerou kinect, z ktorej je možné načítat' data a aktualizovať mapu prostredia.



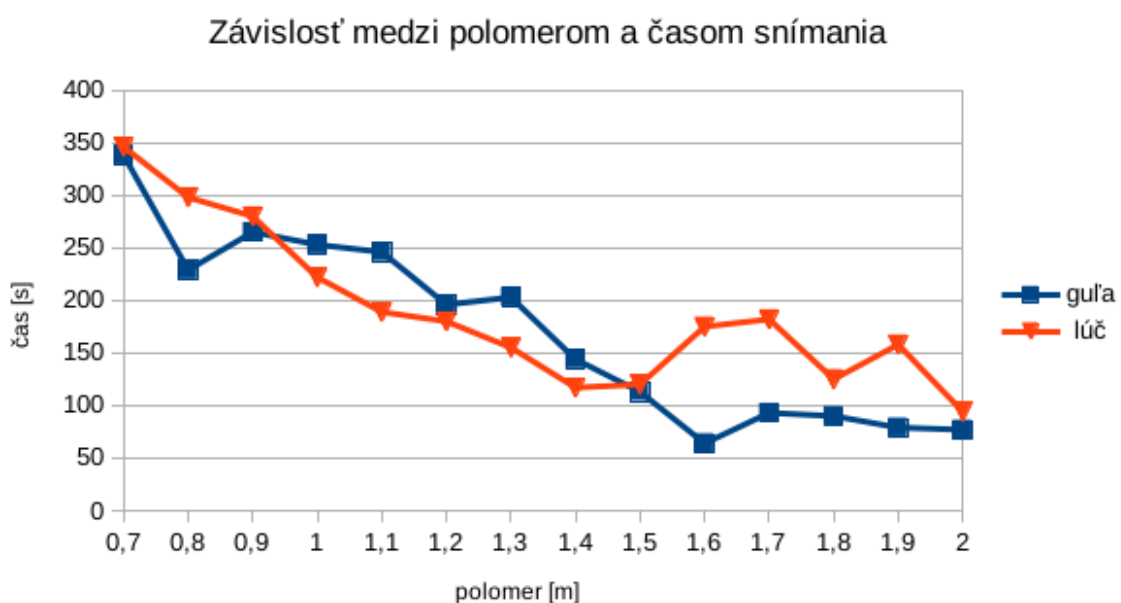
3.3 MoveIt

MoveIt voľne dostupná platforma pre vývoj robotických aplikácií, vytváranie prototypov a testovanie algoritmov. Súčasťou MoveIt je Setup Assistant. Hlavnou funkciou Setup Assistant je generovanie Semantic Robot Description Format (SRDF) súboru pre vybraný model robota. Dodatočne generuje aj iné potrebné konfiguračné súbory pre použitie v MoveIt pipeline. Pomocou vytvoreného SRDF je možné vizualizovať robota, data z kamery a mapu v rviz. Ovládanie pohybu robota s prihliadnutím na mapu sa vykonáva ovládaním pohybu, ktoré je tiež súčasťou MoveIt. [https://github.com/ros-planning/moveit_tutorials/blob/kinetic-devel/doc/setup_assistant/setup_assistant_tutorial.rst][https://github.com/ros-planning/moveit]

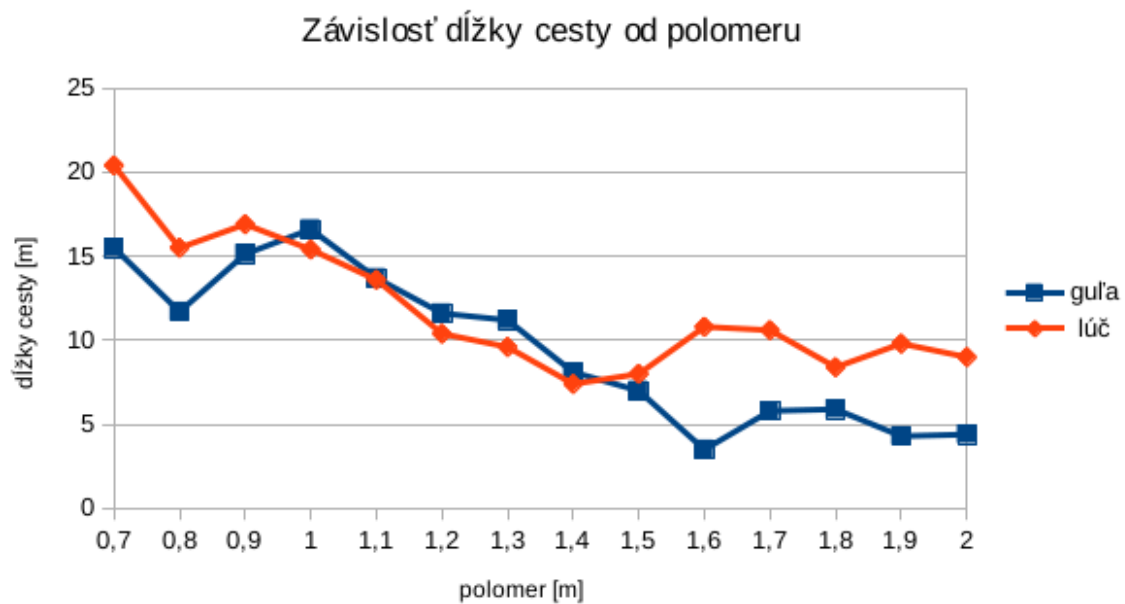
4 Simulácia metódy volumetrickeho najlepšieho ďalšieho pohľadu

Pomocou simulácie je možné zistiť, ako efektívna metóda a ako môžu vstupné parametre ovplyvniť konečné výsledky skenovania. Za týmto účelom sa v sérii simulácií s rôznymi parametrami meria ich vplyv. Ako môže polomer od stredu stredu skenovaného objektu, uhol medzi pohľadmi a vaha vzdialenosti k ďalšiemu pohľadu pri hodnotení ovplyvni čas skenovania, cestu prejdenu kamerou a potrebný počet pohľadov, aby bolo možné naskenovať 80% priestoru.

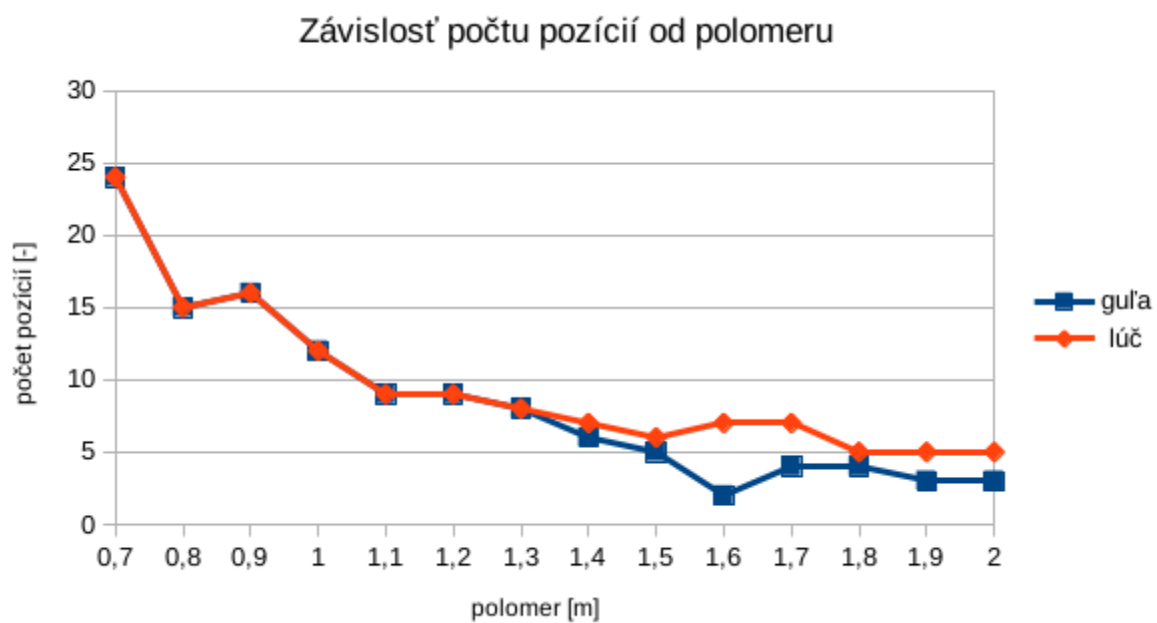
4.1 Simulácia pre rôzne polomery



Obr. 6: Porovnanie závislosti času od polomeru pri rôznych metódach evaluácií

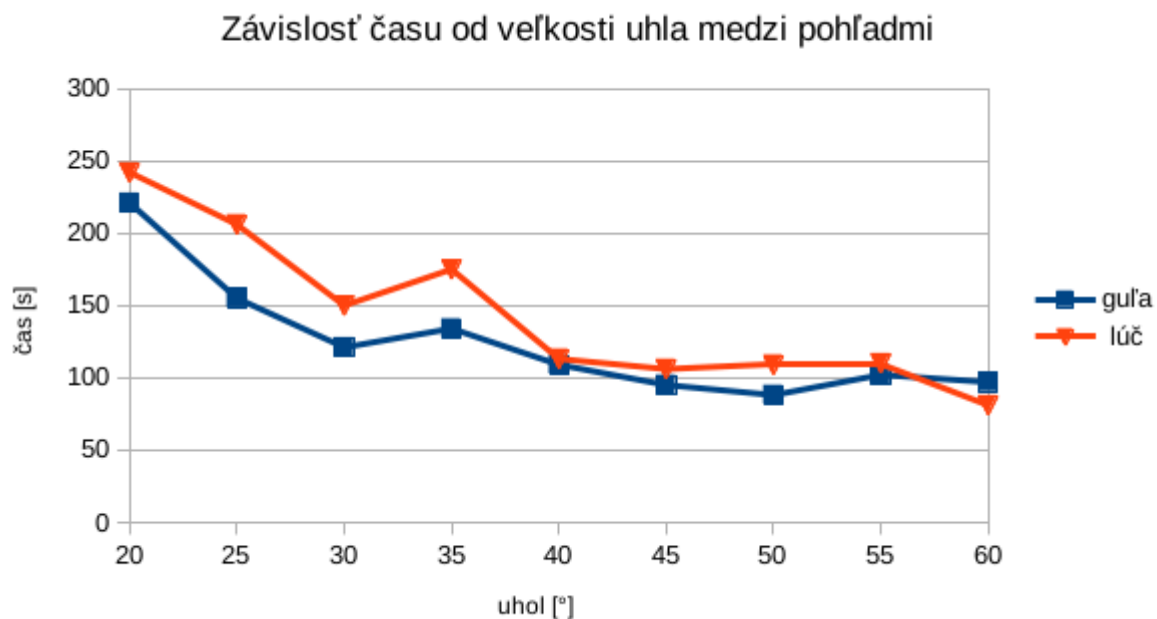


Obr. 7: Porovnanie závislosti dĺžky cesty od polomeru pri rôznych metódach evaluácií

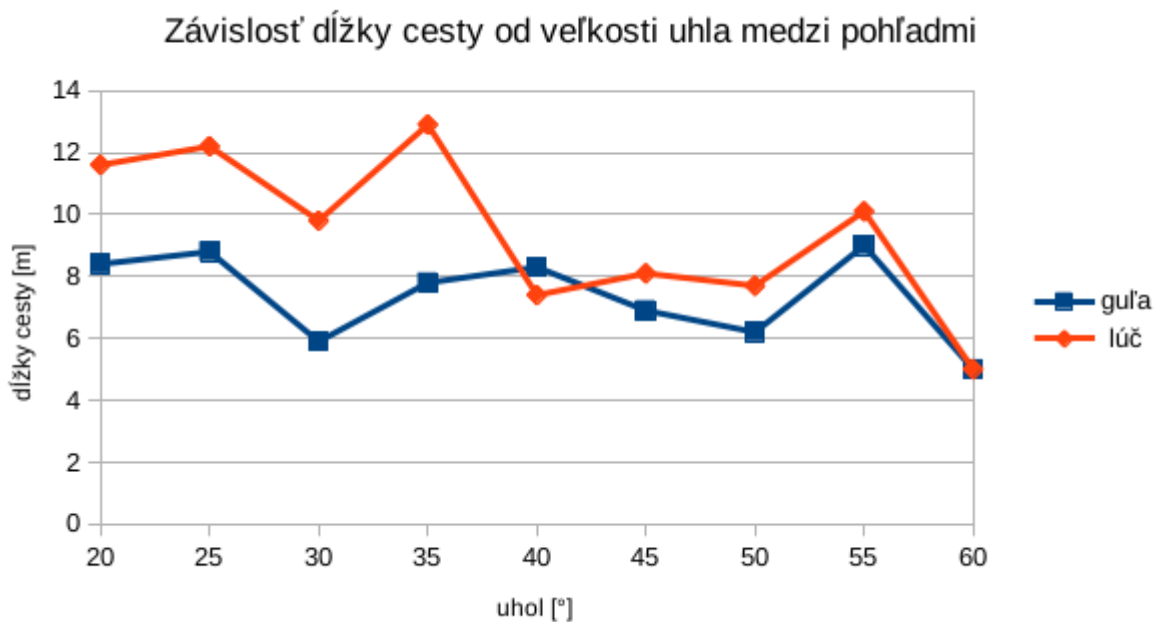


Obr. 8: Porovnanie závislosti počtu pozícií od polomeru pri rôznych metódach evaluácií

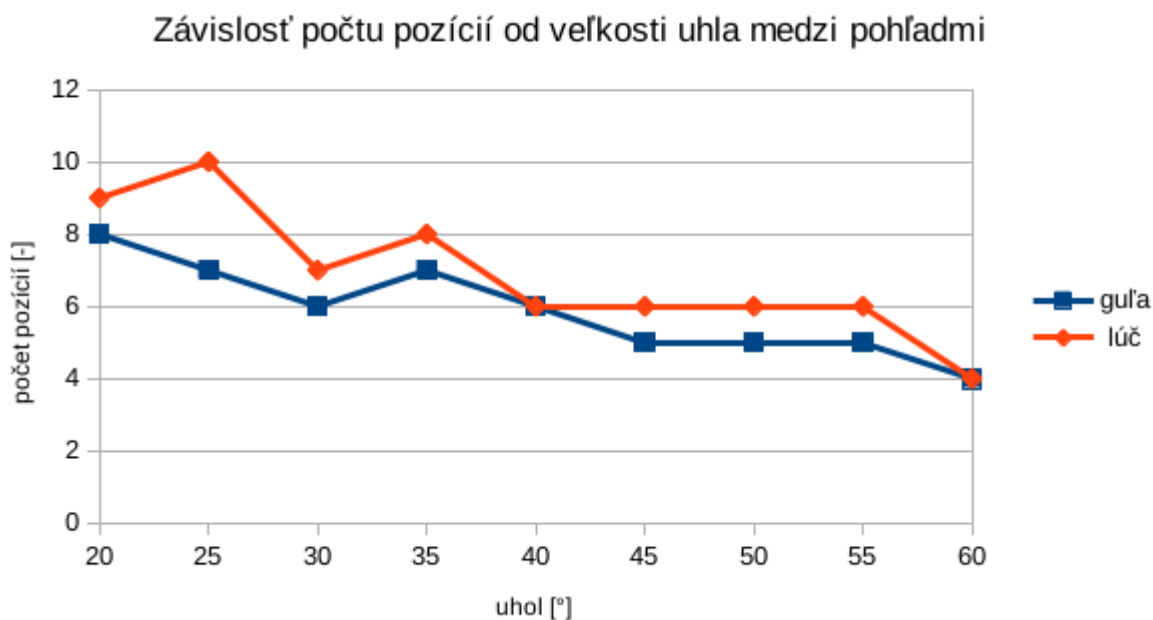
4.2 Simulácia pre rôzne uhly medzi pohľadmi



Obr. 9: Porovnanie závislosti času od uhla medzi pohľadmi pri rôznych metódach evaluácií

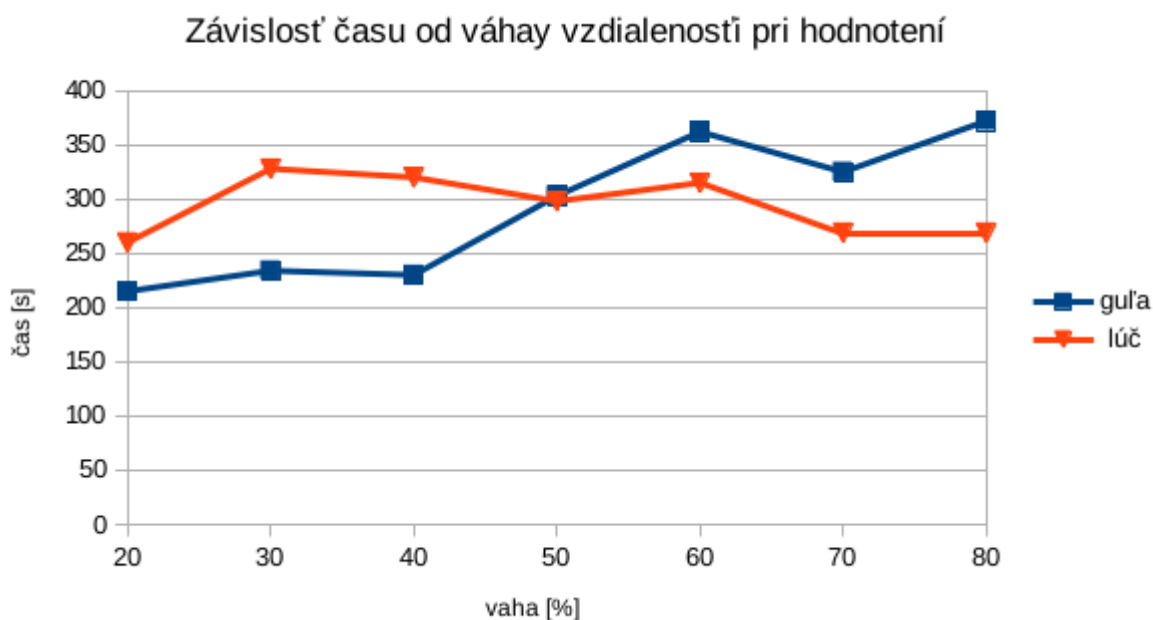


Obr. 10: Porovnanie závislosti dĺžky cesty od uhla medzi pohľadmi pri rôznych metódach evaluácií



Obr. 11: Porovnanie závislosti počtu pozícií od uhla medzi pohľadmi pri rôznych metódach evaluácií

4.3 Simulácia pre rôzne váhy vzdialenosti k ďalšiemu pohľadu



5 Vyhodnotenie výsledkov

...

Záver

...

Použitá literatúra

Bibliography

1: , ,