

Ontkoppelde padplanning voor mobiele manipulatoren: verkennend onderzoek via simulatie van een robot die een oppervlak aftast

Thijs Mangelschots

master IW elektromechanica

Roel Vanonckelen

master IW elektromechanica

Situering

De onderzoeksgroep ACRO (Automatisering, computervisie en Robotica) van KU Leuven onderzoekt de industriële toepassing van mobiele manipulatoren ter ondersteuning van het ARCHER-project dat de ontmanteling van nucleaire sites tracht te automatiseren. Deze masterproef bouwt verder op een vorige masterproef en doctoraatsonderzoek waarbij de mobiele manipulator AMBER (ACRO MoBile Platform Extended with Robotic arm, fig. 1) werd ontwikkeld uitgaand van een rolstoelbasis en een UR5 manipulator.

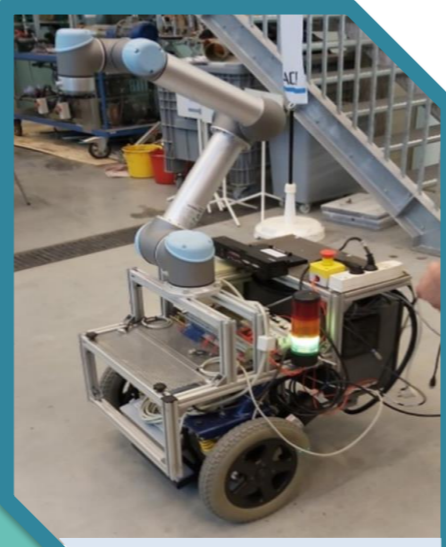


Fig 1: AMBER

Doelstellingen

De implementatie van hardware en software voor een mobiele manipulator dat autonoom kan rondrijden en een oppervlak kan aftasten in een statische simulatieomgeving:

- ▶ het gebruik van sensoren voor de besturing van de mobiele manipulator;
- ▶ het plannen van een botsingsvrij pad om van een startpositie naar een eindpositie te gaan;
- ▶ het besturen van meerdere vrijheidsgraden waarbij een deel van de vrijheidsgraden mobiel zijn (i.e. een mobiel platform) en een deel statisch zijn (i.e. een industriële robotarm).

Methode



Een literatuurstudie zorgt voor kennis over algoritmes en bestaande padplanningsmethoden voor mobiele manipulatoren.



Simulaties van de sensordataverwerking, mapping, lokalisatie, navigatie en integratie van padplanners gebeuren met behulp van het Robot Operating System (ROS) dat zorgt voor de samenwerking tussen de simulatieomgeving Gazebo en de 3D-visualisatiesoftware Rviz [1].

Probleemstelling

Mobiele manipulatoren bieden nieuwe mogelijkheden in industriële automatisering, maar zijn wegens een complexe besturing niet grootschalig, industrieel toepasbaar. De integratie van manipulator- en mobielplatformsoftware tot één geheel is nog niet genoeg ontwikkeld aangezien de combinatie van een mobiel platform en manipulator resulteert in een complexe besturing met meerdere en vooral redundante vrijheidsgraden.

Simulatie met ontkoppelde planner in ROS

Simulatiemodel AMBER

Simulatiemodel van de mobiele manipulator voor gebruik in het ROS-raamwerk (fig. 2):

- ▶ beschrijving van de volledige robot in URDF-formaat;
- ▶ integratie van sensoren en simulatie van sensordata;
- ▶ besturing van arm en basis m.b.v. controllers voor physics engine Gazebo.

Aansturing manipulator

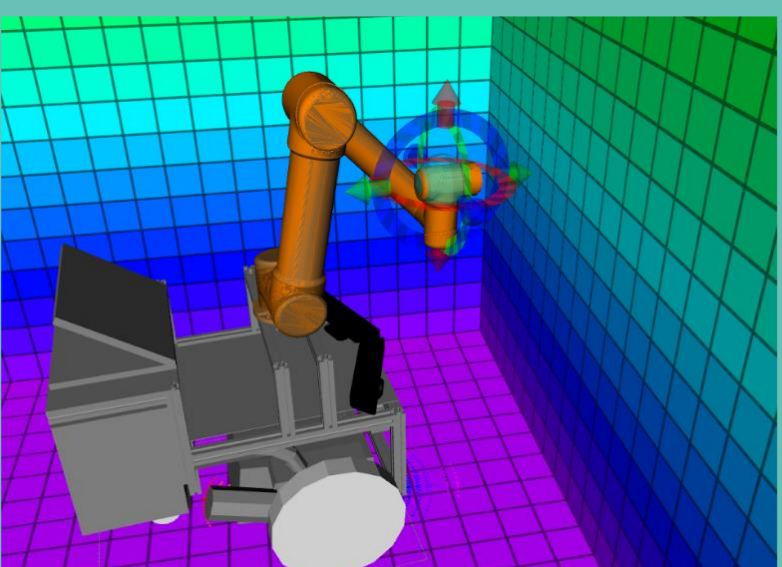


Fig 3: Padplanning manipulator in RViz

Manipulator in RViz met MoveIt! (fig. 3):

- ▶ aansturing planning group arm;
- ▶ obstakeldetectie en botsingsvermijding o.b.v. octomap opgebouwd uit puntenwolken (3D-sensor) van de simulatieomgeving Gazebo;
- ▶ padplanning van de arm m.b.v. OMPL-planner RRT-Connect [2]

Mobiele basis in RViz (fig. 4):

- ▶ 2D-kaart uit laserdata m.b.v. SLAM-gmapping;
- ▶ lokalisatie m.b.v. laserscan door AMCL;
- ▶ Costmaps voor planning doorheen 2D-kaart;
- ▶ Aansturing mobiele basis met move_base van 2D-navigatie stack;
- ▶ globale planning m.b.v. Dijkstra/A* in 2D-kaart;
- ▶ lokale planning (obstakelvermijding) m.b.v. Dynamic Window Approach (DWA) [3] o.b.v. sensordata.

Aansturing mobiele basis

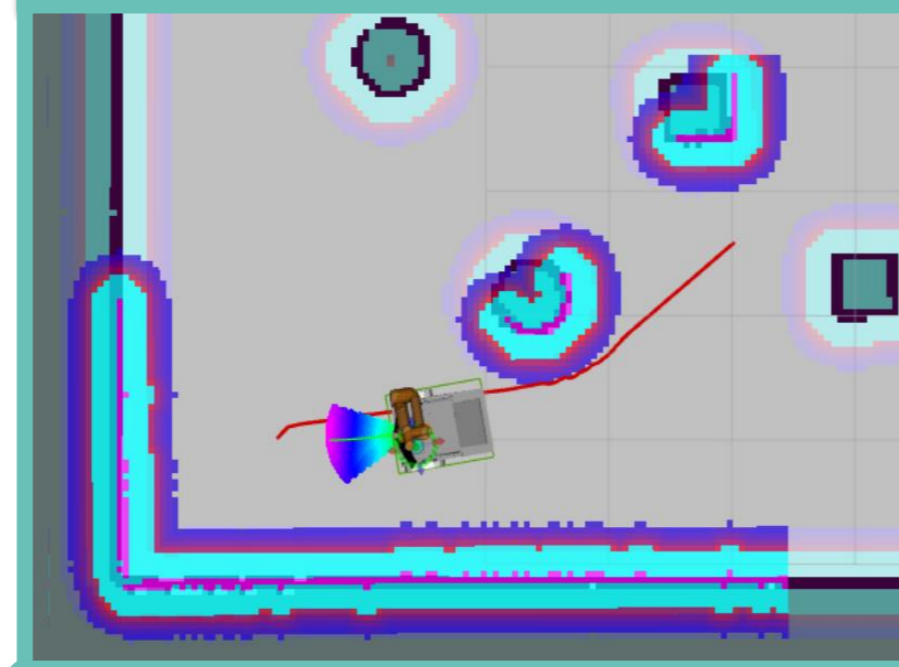


Fig 4: Padplanning mobiele basis in RViz

Resultaten

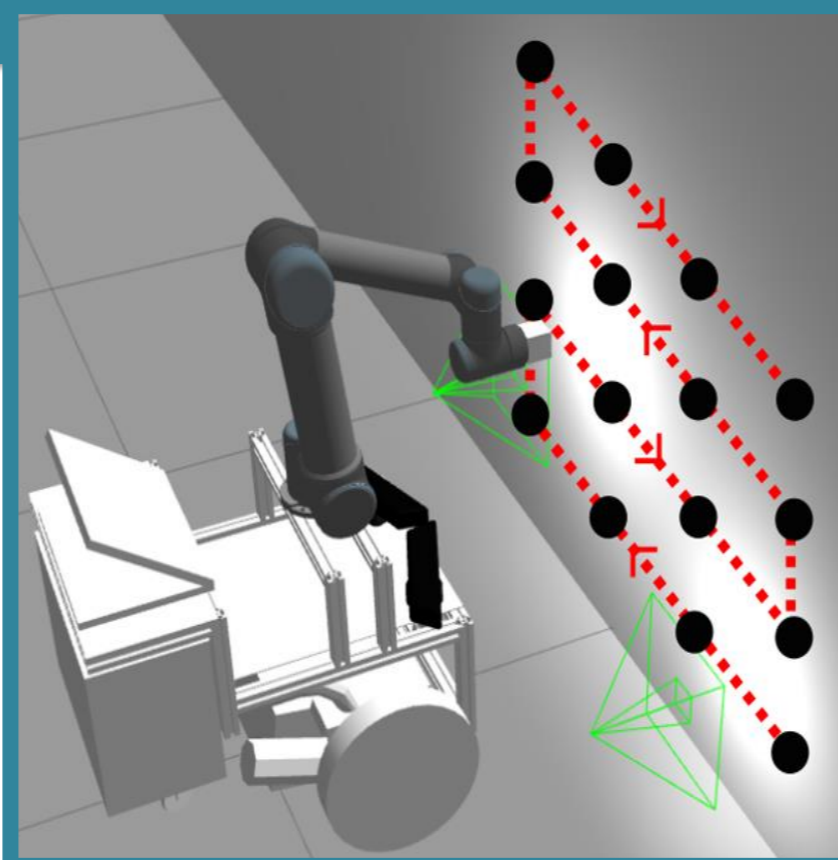


Fig 2: Simulatiemodel AMBER in Gazebo tijdens tijdens een scan van een gedeelte van een muur

Use case mobiele manipulator AMBER

Doelstelling: AMBER autonoom radiologische bronnen, voorgesteld door lichtbronnen op muren in de simulatieomgeving, in kaart laten brengen.

Muurscanprocedure in Gazebo (fig. 5):

- ▶ Navigatie naar eerste scanpositie met navigation stack;
- ▶ Bepalen van muuroriëntatie uit 2D-laserscandata m.b.v. analytische berekeningen om scanpunten te bepalen;
- ▶ Uitvoering scanpatroon (fig. 2);
- ▶ Berekening van volgende scanpositie uit laatste scanpunt en armbereik;
- ▶ Navigatie naar volgende scanpositie.

Use case

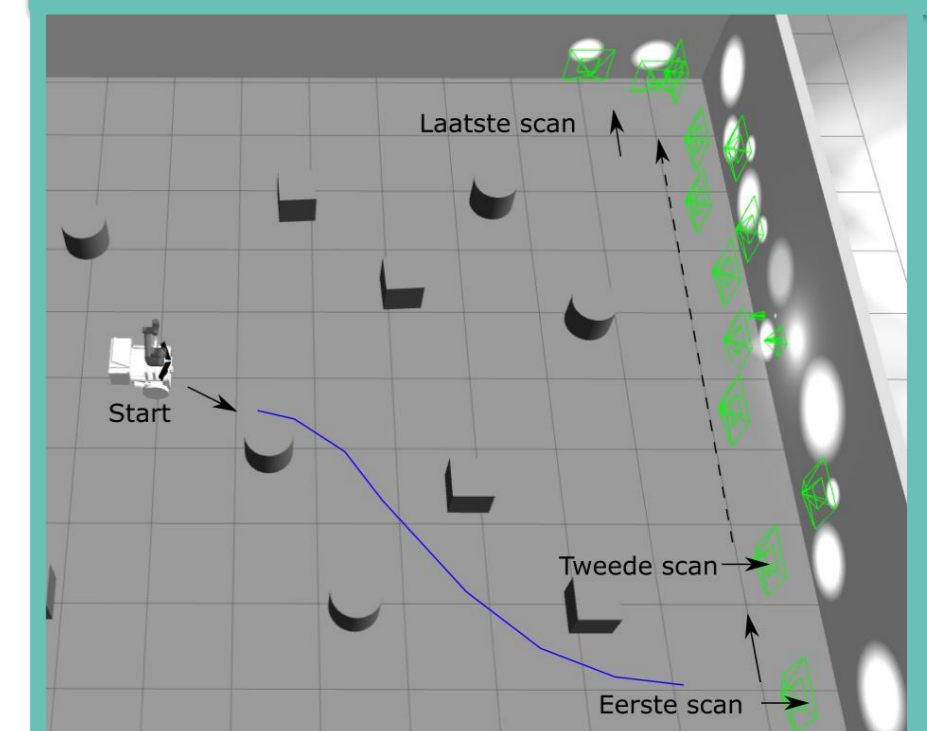


Fig 5: Opdracht muurscanprocedure in Gazebo

Scanresultaat

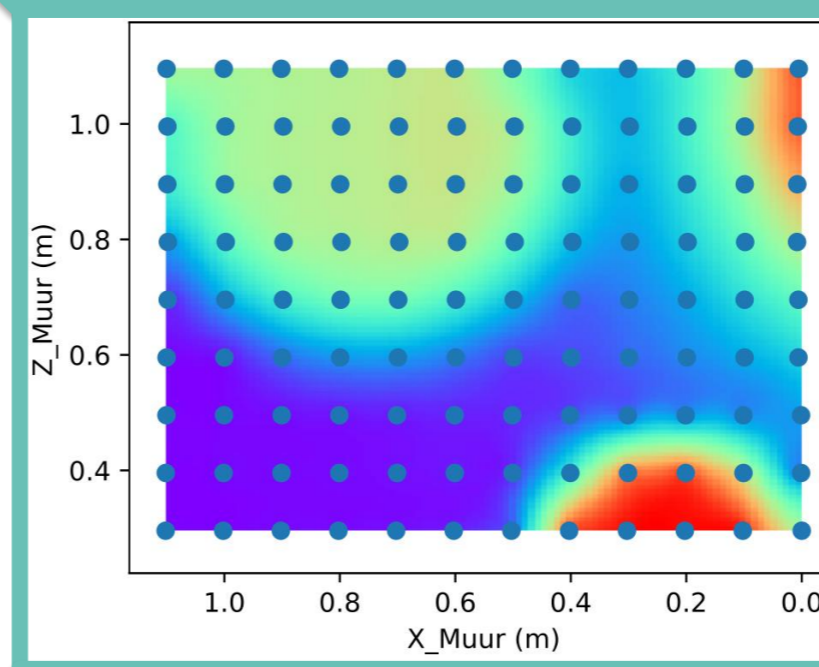


Fig 6: Visualisatie scanresultaten

→ Verdere ontkoppeling tussen basis- en manipulatorcontrole wegens onzekerheid op bereikte basisoriëntatie: baseren op muuroriëntatie voor planning van manipulator in plaats van op de reeds gelokaliseerde basis in de ruimte.

Scanresultaten op een heatmap (fig. 6):

- ▶ Scanpunten hebben elk positie in wereldassenstelsel en een waarde voor de verlichtingssterkte;
- ▶ Transformatie naar lokaal muurassenstelsel;
- ▶ Heatmap visualiseert bronnen in lokaal muurassenstelsel.

Conclusie

Uit de literatuurstudie volgt dat een ontkoppelde methode die de basis (met A* en DWA) en de arm (met RRT-Connect) apart controleert, beter toepasbaar is binnen de masterproef dan een gecombineerde planner. Een robotmodel van AMBER laat toe om de geïmplementeerde planners in simulatie te testen. De afzonderlijke planners werken zonder grote problemen. Hoewel onzekerheden op de basisoriëntatie verdere ontkoppeling tussen mobiele basis en manipulator vereist, blijkt de methode bruikbaar voor korte scanopdrachten van een muur. Toekomstig onderzoek kan valideren hoe AMBER in werkelijkheid functioneert met de voorgestelde methode en analyseren of behavior-based padplanningsmethodes efficiënter omgaan met de redundantie in de kinematische structuur van AMBER.

Promotoren / Copromotoren:

Prof. Dr. Ir. Eric Demeester
Ing. David De Schepper

- [1] M. Quigley, K. Conley, B. Gerkey, J. Faust, T. Foote, J. Leibs, E. Berger, R. Wheeler, and A. Mg, "ROS: an open-source Robot Operating System," ICRA, vol. 3, p. 5, 2009.
[2] J. J. Kuffner and S. M. La Valle, "RRT-connect: an efficient approach to single-query path planning," Proc. - IEEE Int. Conf. Robot. Autom., vol. 2, no. Icara, pp. 995-1001, 2000
[3] D. Fox, W. Burgard, and S. Thrun, "The Dynamic Window Approach to Collision Avoidance," Proc. - IEEE Int. Conf. Robot. Autom., pp. 137-146, 1997.