

Evaluatie van botsingsvrije padplanning toegepast op een verfrobot en industriële robots

Dieter Wuytens

Master IW energie

Christoph Brasseur

Master IW energie

Probleemstelling

Industriële robots worden de dag van vandaag steeds vaker in een veranderlijke omgeving geplaatst. De bewegingen van een robot houden echter vaak geen rekening met deze omgeving, wat botsingen kan veroorzaken. Om dit te voorkomen is er nood aan sensoren en een padplanningsalgoritme dat in staat is om de bewegingen aan te passen zodat de obstakels in de omgeving worden vermeden. Zo'n algoritmes bestaan, maar zijn hoofdzakelijk academisch toegepast. Een correcte integratie in de industrieomgeving vereist nog veel testwerk.

Onderzochte padplanners en methode

In het algemeen bestaan er twee types padplanners. Tot het eerste type behoren de sampling gebaseerde planners (bibliotheek OMPL). Deze genereren willekeurige posities voor de robot en controleren deze vervolgens op botsing. Elke botsingsvrije positie wordt toegevoegd aan een boomstructuur die uiteindelijk leidt tot een obstakelvrij pad. Het tweede type zijn de optimalisatie gebaseerde planners welke een pad bepalen op basis van kostenfuncties (STOMP, CHOMP en TrajOpt). Deze functies maken gebruik van snelheden, kortste weg, maximum versnellingen, etc.

Er werden 3 industriële robots getest en vergeleken in simulatie. De eerste robot is een verfrobot met 8 vrijheidsgraden. De toepassing hierbij is om een rechtlijnig pad met constante snelheid te genereren met een padplanner. Verder werden de algoritmes ook getest op botsingsdetectie met een Kuka KR5 en een Universal Robot UR5. Deze laatste twee robots staan ter beschikking op ACRO.

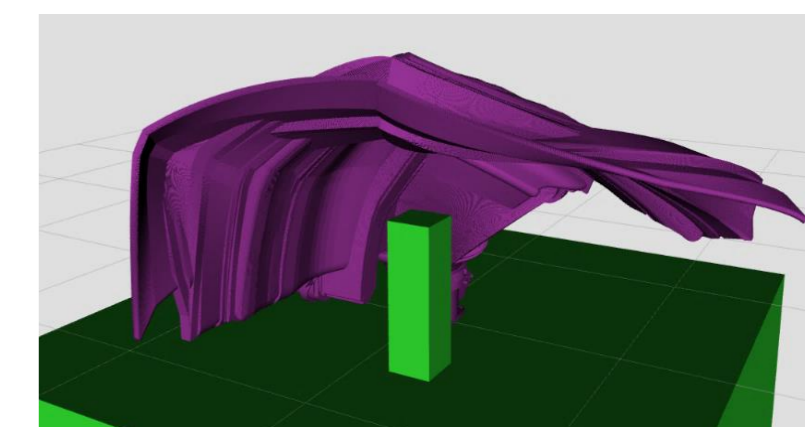
OMPL

OMPL is een bibliotheek die een groot aantal sampling gebaseerde planners bevat. Van al deze algoritmes werd er binnen deze masterproef gebruik gemaakt van RRTConnect.

RRTConnect is in staat om een botsingsvrij pad te vinden van punt A naar punt B. Het traject dat gegenereerd wordt is vaak niet vloeiend, zoals weergegeven in *figuur 1* en *figuur 2*. Het bevat dus hoge acceleraties welke de levensduur van de robot drastisch kunnen beperken. Omdat RRTConnect sample gebaseerd is, zal bij iedere test een andere oplossing worden gegenereerd. Doordat het traject soms hoge acceleraties bevat, bestaat de kans dat het traject praktisch niet uitvoerbaar is voor de robot.



Figuur 1: RRTConnect met obstakel

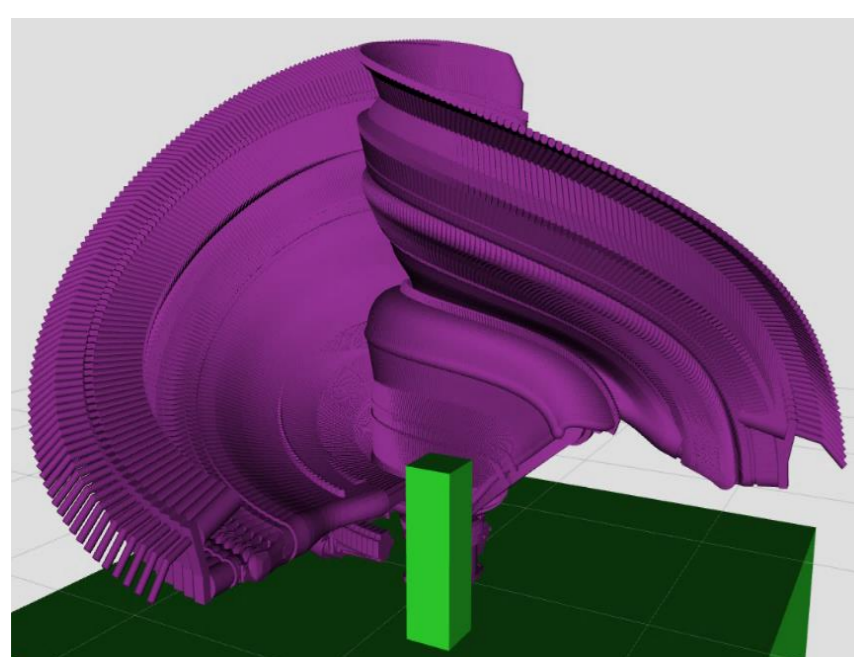


Figuur 2: RRTConnect op de KR5-robot

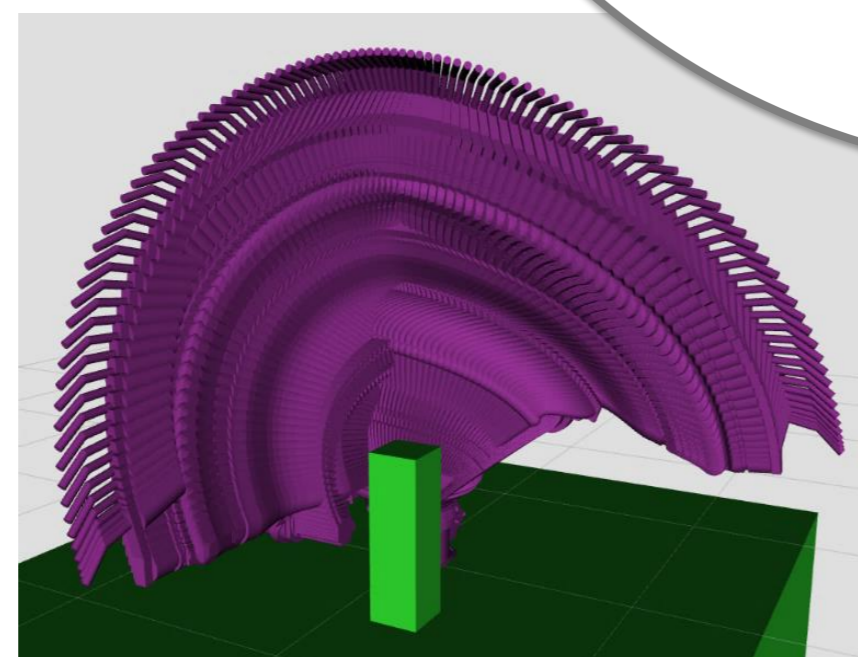
CHOMP/STOMP

De planners CHOMP en STOMP zijn optimalisatie gebaseerde planners. Deze genereren zelf een traject en werden beide toegepast op de drie industriële robots.

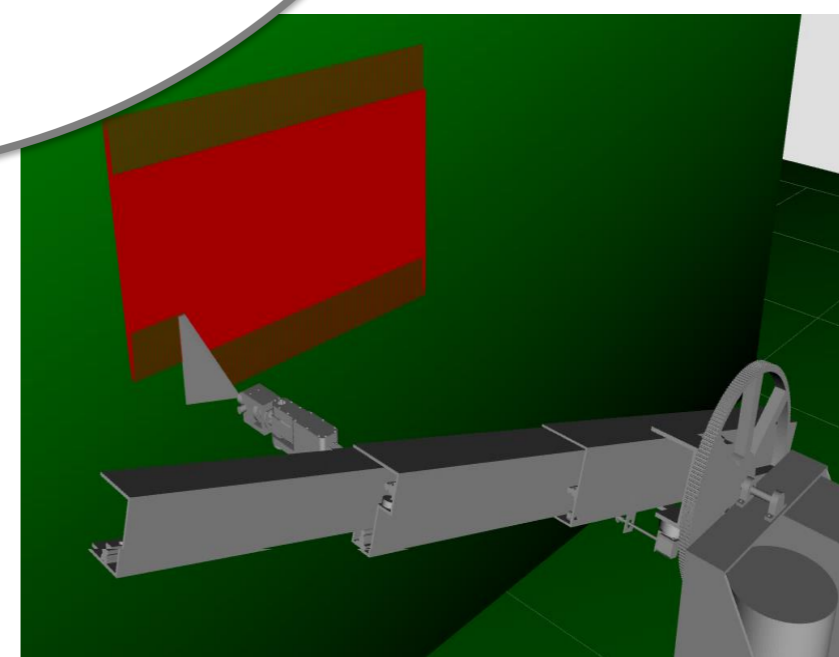
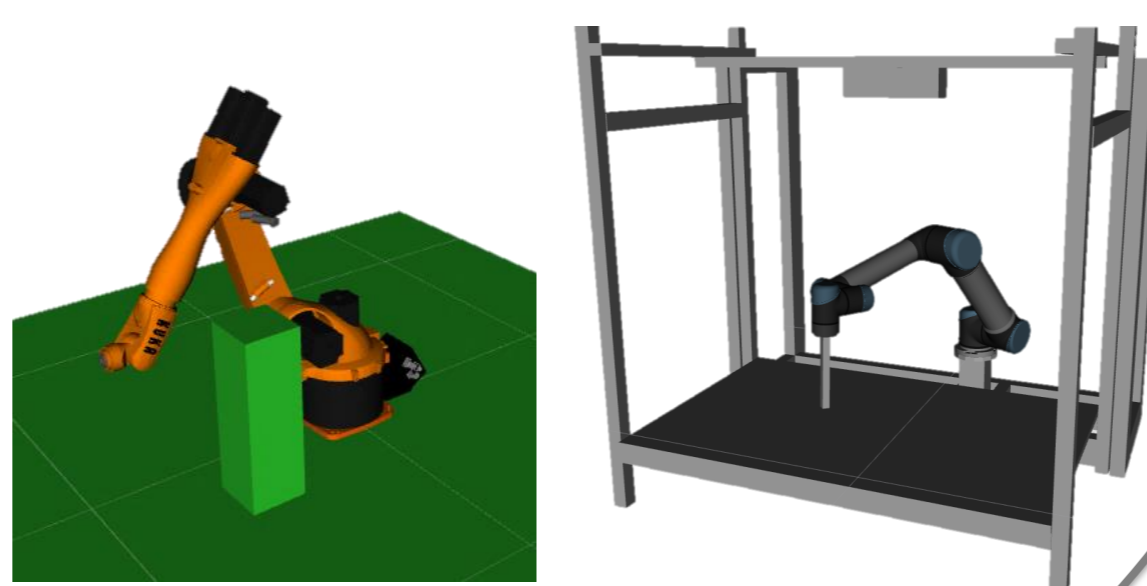
Er kan worden besloten dat beide planners zeer gelijkaardig werken. CHOMP resulteert in een iets vloeiender pad dan STOMP. Dit is te zien in *figuur 3* en *figuur 4*. CHOMP heeft echter als nadeel dat deze niet kan werken met xyz-coördinaten als eindpunt. Deze planner moet aangestuurd worden met jointgoals. STOMP kan wel werken met xyz-coördinaten.



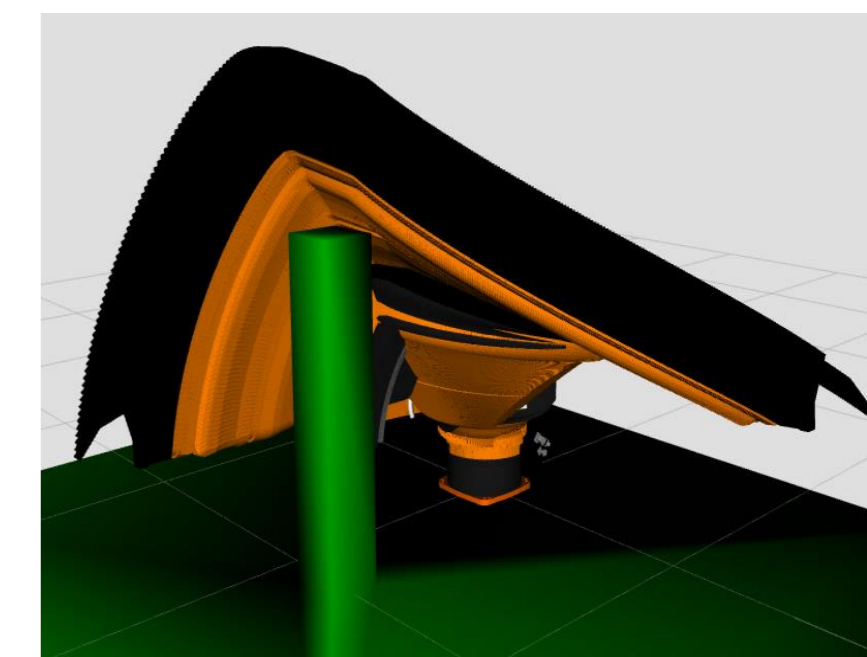
Figuur 3: Pad gegenereerd door STOMP op KR5-robot



Figuur 4: Pad gegenereerd door CHOMP op KR5-robot



Figuur 5: TrajOpt toegepast op de verfrobot



Figuur 6: TrajOpt toegepast op de KR5-robot

TrajOpt

TrajOpt blijkt veelbelovend te zijn uit de literatuurstudie maar de implementatie was niet evident. Deze planner is nieuw maar berekend wel betere trajecten. Er kunnen constraints en kostenfuncties worden toegevoegd. Zo kan deze planner er bijvoorbeeld voor zorgen dat de eeffector doorheen het traject dezelfde oriëntatie behoudt. De resultaten voor de verfrobot en KR5-robot worden respectievelijk weergegeven in *figuur 5* en *figuur 6*. TrajOpt is de enige planner die in staat is om een rechtlijnig beweging te bepalen voor de verfrobot.

Conclusie

Na het testen van de planners op de industriële robots kan er geconcludeerd worden dat ze in het algemeen slagen in hun opzet. Alle besproken planners bepalen een botsingsvrij pad. Ondanks dat het pad wel degelijk botsingsvrij is zijn de meeste resultaten niet optimaal. Verder onderzoek is noodzakelijk om betere resultaten met deze planners te bereiken. TrajOpt blijkt veelbelovend te zijn, zeker als de robot ook lineaire bewegingen botsingsvrij moet kunnen uitvoeren. Tevens is er ook nog de optie om een planner als pre-processor te gebruiken op een andere planner. Zo kan men bijvoorbeeld eerst een pad laten bereken door RRTConnect en vervolgens kan STOMP worden gebruikt om het pad vloeiend te maken. Dit werd in deze masterproef niet getest en is zeker nog interessant in toekomstig onderzoekswerk.

Promotoren / Copromotoren: Prof. dr. ir. Demeester Eric
Ir. De Maeyer Jeroen