

UNIVERSITEIT VAN AMSTERDAM

ZOEKEN, STUREN EN BEWEGEN

Intelligent House Builder

Auteurs:

Valerie SCHOLTEN
(10587373)

Victor MILEWSKI
(10529136)

Tessa BOUZIDI
(10348212)

Celeste KETTLER
(10418954)

Docenten:

Drs. VAN INGE

Dr. DORST

26 juni 2014

Inhoudsopgave

1	Inleiding	1
2	Materiaal	1
3	Methode	2
3.1	Proces	2
3.2	Inverse Kinematica	3
4	Resultaten	4
5	Conclusie	5
6	Discussie	5
7	Referenties	6

1 Inleiding

In dit onderzoek zal gekeken worden naar de mogelijkheid om een huis te bouwen met de KUKA YouBot. Voordat er daadwerkelijk aan een huis begonnen wordt, zal er onderzocht worden of de KUKA een muur kan bouwen van Duplo Lego. Wanneer dit mogelijk blijkt, kan verder onderzoek leiden tot het bouwen van muren op grotere schaal, om later woonhuizen te bouwen met robots. De vraag die onderzocht zal worden luidt dus als volgt:
Hoe kan de KUKA een huis bouwen?

Eerdere onderzoeken met de KUKA YouBot hebben aangetoond dat de robot erg precies kan werken met duplo blokken, en er bouwwerken mee kan maken. Dit was echter gebruikmakend van torque sensors (<https://www.youtube.com/watch?v=b9mgbstMfD4>), een sensor die de universiteit momenteel niet tot haar beschikking heeft. Toch is de verwachting dat de YouBot in één week tijd een muur van duplo blokken kan bouwen, waarbij de beginpositie van de bouwstukken op een vaste plaats op het plateau van de robot liggen. De muur zal gebouwd worden op de ondergrond.

Onze hypothese wordt onderzocht door in kleine stapjes te werken. Er zal begonnen worden met het verplaatsen van één duplo blokje naar een juiste plek. Vervolgens wordt geprobeerd dit in een loop te zetten, zodat er meerdere blokjes op de juiste plekken neer worden gezet. Zo wordt er een muur gebouwd. Tot slot moet de KUKA een goede hoek maken, zodat het meerdere muren kan bouwen, in de vorm van de buitenmuren van een huis. De juiste plekken zullen bepaald worden door de inverse kinematica van de YouBot toe te passen.

2 Materiaal

- De KUKA YouBot
- Een ethernetkabel om verbinding te maken met de YouBot

- Een HP Elitebook workstation
- De ROS Hydro packages
- De ROS Hydro wrapper for KUKA youBot API
- De handleiding ‘KUKA YouBot User Manual’ [Locomotec, 2012]
- (aantal) Lego Duploblokjes van 3x2
- Drie witte platen. Deze platen dienden als ondergrond

3 Methode

3.1 Proces

Alleerst is de Kuka YouBot gebruiksklaar gemaakt. De YouBot API moest geïnstalleerd worden op een computer waarna een verbinding bewerkstelligd werd. Er waren enkele tegenslagen waarbij het besturingssysteem een specifieke versie van Ubuntu moest zijn. Deze problemen zijn opgelost door niet van een externe computer te werken, maar de ingebouwde computer van de Kuka YouBot te gebruiken. Er was echter wel een ethernet verbinding nodig met een externe laptop.

Daarnaast is de inverse kinematica achterwege gelaten (zie sectie inverse kinematica), ter vervanging zijn vaste gewricht posities ingevoerd. De volgende gewricht posities zijn geschreven:

- Home. Dit is een veilig positie waar de arm naar terug kan gaan om veilig rond te rijden of als hij klaar is met het bouwen.
- Grasp. Dit is een positie om boven het platform te bewegen voordat hij een stuk oppakt. Dit is nodig om te voorkomen dat hij te snel op de duplo blokken afkomt en ze daardoor verkeerd pakt.
- Grasp 2. Met deze positie komt de gripper op de plek waar de Duplo blokjes liggen zodat deze opgepakt kunnen worden.
- Release. Dit is de positie waarbij de blokjes op de grond worden geplaatst zodat deze de eerste rij van de muur vormen.
- New Height. Dit is de positie waarbij de blokjes op de tweede rij worden geplaatst en een tweede rij wordt gevormd.
- Top Height. Dit is de positie waarbij de stukjes bovenop de tweede rij worden geplaatst en een derde rij gevormd wordt.
- Safe Height. Dit is de positie waarbij de blokjes boven de muur worden vastgehouden zodat ze niet te snel op de muur worden neergezet om te voorkomen dat de muur instort.

Aan de hand van deze posities is de eerste beweging gemaakt om een blokje op te pakken en daarna neer te zetten, om een start aan de muur te maken. Zodra deze beweging lukte is er uitgerekend hoelang en met welke snelheid de Kuka opzij moest rijden om een blokje naast de ander neer te zetten. met deze functies was het mogelijk de eerste rij van drie blokjes breed te vormen.

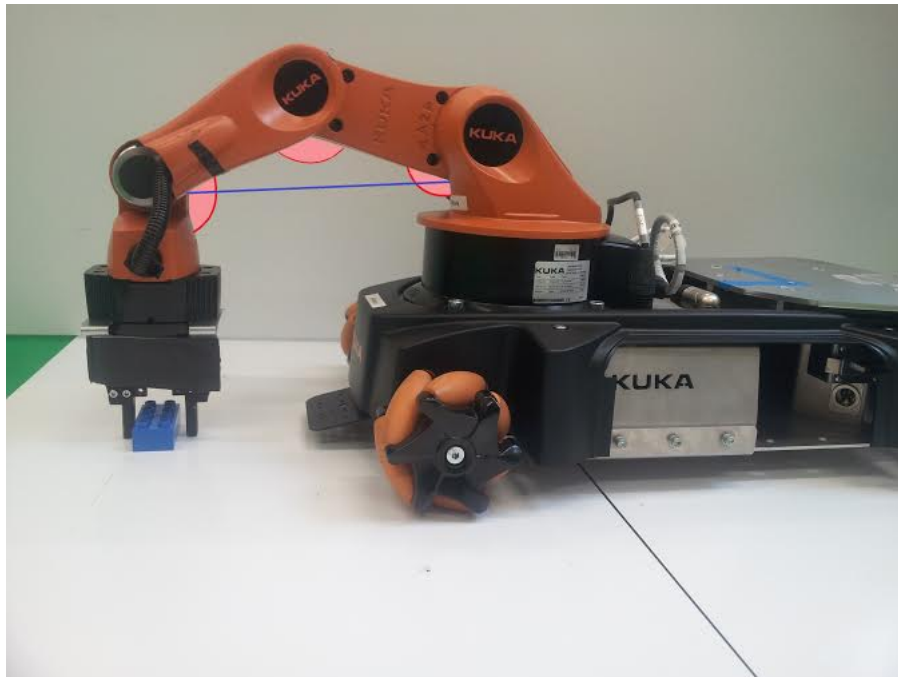
Nadat de eerste rij gevormd was, werd aan de stappen gewerkt voor een tweede rij en daarop volgend een derde rij. Hiervoor moest de Kuka zijn arm naar de 'New Height' en de 'Top Height' verplaatsen. De Grasp blijft hetzelfde. Met deze stappen compleet was de Kuka in staat om een piramide vormige muur te maken van drie rijen hoog.

Dit resultaat was al eerder bereikt dan verwacht. Er is toen verder gewerkt aan het maken van een hoek door de KUKA, zodat er een realistischere vorm van een huis gebouwd kon worden. Hiervoor zijn de afstand van de draaiing en de verschuivingen in de x en y richting berekend. Om de precieze waardes hiervoor te vinden is er een simpelere versie van de muur gebruikt, namelijk een muur bestaande uit één blokje. Nadat de juiste waardes gevonden waren, is ervoor gezorgd dat er zowel voor als na de draaiing een muur van drie lagen werd gebouwd.

3.2 Inverse Kinematica

Allereerst moest er een nulpunt bepaald worden. Hiervoor is het punt gekozen waarbij de arm helemaal recht is en omhoog wijst. Dit is gekozen, omdat met de inverse kinematica alleen wordt gekeken naar waar de blokken neergezet moeten worden. Waar de blokken worden gepakt is een enkele vaste positie die al handmatig ingevoerd is. Ook is gekozen om dit probleem op te lossen aan de hand van een raster. Dit raster heeft cellen ter grootte van een half blokje. Deze zijn even hoog en even breed als alle blokjes, maar de helft van de lengte. Hierdoor kunnen er gemakkelijk posities bepaald worden.

Voor de inverse kinematica is besloten eerst het probleem te versimpelen. Hiervoor zijn aan enkele gewrichten vaste hoeken toegekend. Gewricht één, welke de draaiing is waarmee de arm draait heeft een vaste waarde. Deze waarde zorgt ervoor dat de arm altijd recht naar voren wijst. Gewricht vijf heeft ook een vaste waarde die ervoor zorgt dat de gripper zo gedraaid is dat de duplo blokjes in de breedte worden vastgehouden. In onderstaande afbeelding is te zien welke hoeken variabel en welke statisch zijn.



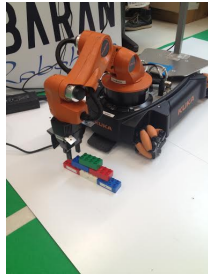
Afbeelding 1: De variabele hoeken bij inverse kinematica.

Het vierde gewricht heeft een simpele positie die zorgt dat de gripper altijd recht naar beneden wijst. Dit vereist een simpele berekening in verhouding met het nulpunt. Op deze manier hoeven er nog maar voor twee gewrichten de hoeken uitgerekend te worden. Dit probleem lijkt erg veel op de inverse kinematica van de 'umi rtx' robot arm. Bij de umi was de inverse kinematica afgesteld voor twee variabele assen en bij dit probleem is maar één as variabel, namelijk de hoogte. Voor de inverse kinematica hebben we daarom de lengtes van de armen aangepast en een vaste waarde voor de afstand van het nulpunt tot de muur ingevoerd.

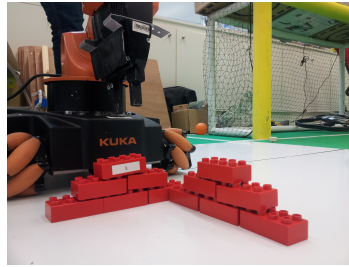
Achteraf bleek dit echter niet tot een goede oplossing te komen en de arm nam foute posities aan.

4 Resultaten

Na één week kan de KUKA twee muren bouwen, die loodrecht op elkaar staan, en dus het begin vormen van een heel huis. Een eerder tussenresultaat was dat de KUKA één muur kon bouwen. In onderstaande afbeeldingen zijn het tussenresultaat en het uiteindelijke resultaat weergegeven.



Afbeelding 2: Het tussenresultaat.



Afbeelding 3: Het eindresultaat.

In onderstaand filmpje is één hele uitvoering van het bouwen van de muren door de KUKA te zien: <https://www.youtube.com/watch?v=M711xA31NxY>

5 Conclusie

Er is gebleken dat de KUKA in ieder geval twee muren van DUPLO kan bouwen, door precies in te voeren wat de posities van iedere arm zijn. Door middel van een loop kan de KUKA meerdere blokjes op bepaalde posities plaatsen, waardoor er meerdere muren gebouwd worden. Hieruit kan geconcludeerd worden, dat de KUKA in het vervolg een heel huis van DUPLO zou kunnen bouwen. Wellicht kan er in de toekomst met grotere ontwerpen van de KUKA robot een heel woonhuis gebouwd worden.

6 Discussie

Aangezien de muur die uiteindelijk gebouwd werd elke keer verschillend was, kon geconcludeerd worden dat de nauwkeurigheid van de KUKA niet hoog genoeg is. Er werd gebruik gemaakt van hardcode, waarbij de precieze hoeken van de joints en de precieze snelheid van de base aangegeven was. Hierbij kan verwacht worden dat de YouBot elke trial hetzelfde doet, omdat alles letterlijk voor hem is opgeschreven, hij hoeft niets meer zelf te berekenen en te interpreteren. Maar ook op het moment dat de hardcode gebruikt werd, zaten er verschillen tussen de trials. Zo kon hij bij de eerste trial de eerste twee duplo blokjes netjes naast elkaar zetten, maar bij de tweede trial deze blokjes gedeeltelijk op elkaar zetten waardoor het neergezette blokje schuin kwam te staan. Ter verbetering zou de KUKA nauwkeuriger kunnen worden gemaakt, waardoor deze verschillen niet meer optreden. Mocht het lukken de KUKA nauwkeuriger te maken, dan kan er gewerkt worden aan het vastdrukken van de duplo blokjes, waardoor de muur steviger komt te staan.

Wat in het vervolg ook beter kan is het gebruik van de inverse kinematica van de YouBot. Op dit moment is er geen inverse kinematica gebruikt wegens gebrek aan tijd. Allereerst zou het idee met vaste gewrichten en vaste waarden gebruikt kunnen worden. In een vervolg onderzoek daarop kan worden overgegaan op een volledige inverse kinematica die alle gewrichten gebruikt en op deze manier de meest efficiënte oplossing kan krijgen.

Een derde verbetering zou het gebruik van beeld en torque sensors zijn. Op het moment dat de Youbot via het beeld kan registreren waar het blokje ongeveer staat, kan de exacte locatie gevonden worden met de torque sensor.

Ook de exacte eindlocatie kan gevonden worden op deze manier, waardoor dit niet meer hard code geprogrammeerd dient te worden. Dit zou de robot als het ware 'zintuigen' geven, en hem de mogelijkheid geven zelf zijn omgeving te interpreteren en keuzes te maken. Op deze manier komt de robot dichterbij Brooks beschrijving van een 'intelligent being' (1991).

Daarnaast is het bouwwerk dat nu door de KUKA gemaakt is, nog geen echte muur. Het is eerder een aaneenschakeling van twee platte piramides. Ook verbind hij de twee 'muren' die onder een hoek van elkaar staan nog niet. Suggesties voor vervolgonderzoek zullen dan ook inhouden dat deze twee problemen worden opgelost. Ook kan er gekeken worden naar het maken van ingewikkeldere architecturen. Zoals een ander grondplan, ramen, deuren en een dak.

7 Referenties

Met veel dank aan Sebastien Negrijn

Kuka youBot Developers <<http://wiki.ros.org/hydro/Installation> >(19 juni 2014)

Ros.org <<http://www.youbot-store.com/youbot-developers/software/ros/ros-hydro-wrapper-for-kuka-youbot-api?c=24> >(19 juni 2014)

Locomotec, KUKA youBot User Manual <http://www.youbot-store.com/media/pdf/kuka-youbot_usermanual.pdf >(2013, Feb 6)

Dorst, L. (2001). *Syllabus: An Introduction to Robotics for the Computer Sciences*, 99-101.

Brooks, R.A., Intelligence without representation, *Artificial Intelligence* 47 (1991) 139- 159