
Inbetriebnahme des OpenMANIPULATOR-X und Bedienung mittels Handlungsplanung mit Partial Order Planning Forward

Fabian Claus

20130004



Bachelorarbeit

Fachbereich Informatik
und Medien
Technische Hochschule Brandenburg

Betreuer: Prof. Dr. Jochen Heinsohn
2. Betreuer: Dipl. Inform. Ingo Boersch

Brandenburg, den TT.MM.JJJJ
Bearbeitungszeit: TT.MM.JJJJ - TT.MM.JJJJ

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	III
Abstract	IV
Abbildungsverzeichnis	V
Tabellenverzeichnis	VI
Abkürzungsverzeichnis	VII
1 Einleitung	1
1.1 Aufgabe	1
1.2 Abgrenzung/Motivation	1
2 Grundlagen	2
2.1 OpenMANIPULATOR-X	2
2.1.1 ROS2	2
2.2 Planung	2
2.2.1 Allgemein	2
2.2.2 STRIPS	2
2.2.3 PDDL	2
2.2.4 PDDL-Plugin für VS Code	2
2.2.5 Partial Order Planning Forward	2
2.2.6 Behavior Tree	2
3 Konzept	3
3.1 Struktur Nodes	3
4 Implementierung	4
4.1 Inbetriebnahme Greifarm	4
4.1.1 Zusammenbau	4
4.1.2 Virtuelle Maschine	4
4.2 Steuerung Greifarm	5
4.2.1 OMX-Controller	5
4.2.2 Topics	5
4.2.3 Kinematik	5
4.3 PlanSys2	5
4.3.1 PDDL-Domain	5
4.3.2 Action Nodes	5
5 Ergebnis	6

6	Abschnitt	7
6.1	Unterabschnitt	7
6.1.1	Unterunterabschnitt	7
7	Einfache Formatvorlagen	7
8	Zitieren und Referenzieren	7
9	Abbildungen	8
10	Tabellen	8
11	Formeln	9
12	Abkürzungen	9
13	Fazit	9
	Literatur	10
A	Anhang A	10

Zusammenfassung

Eine Kurzzusammenfassung der Vorgehensweise und der wesentlichen Ergebnisse.

Allgemeine Merkmale

- **Objektivität:** Es soll sich jeder persönlichen Wertung enthalten.
- **Kürze:** Es soll so kurz wie möglich sein.
- **Verständlichkeit:** Es weist eine klare, nachvollziehbare Sprache und Struktur auf.
- **Vollständigkeit:** Alle wesentlichen Sachverhalte sollen enthalten sein.
- **Genauigkeit:** Es soll genau die Inhalte und die Meinung der Originalarbeit wiedergeben.

Abstract

Obige Zusammenfassung in englischer Sprache.

Abbildungsverzeichnis

1	Bausatz für den OpenMANIPULATOR-X	5
2	Siegel der Universität	8

Tabellenverzeichnis

1	Meine Tabelle	8
---	-------------------------	---

Abkürzungsverzeichnis

VM Virtuelle Maschine

ROS2 Robot Operating System 2

ML Machine Learning

1 Einleitung

Dieser Teil der Arbeit sollte folgende Inhalte haben:

- Einführung in die Problemstellung
- Motivation und Herleitung des Themas
- Aufbau der Arbeit

Hinweis: Es hat sich als hilfreich erwiesen, die Einleitung mit der Zusammenfassung bzw. dem Abstract und der Schlussfolgerung zu vergleichen. Damit stellt man sicher, dass diese inhaltlich im Bezug auf Zielsetzung und Motivation übereinstimmen. Der Umfang sollte ca. 5 % der gesamten Arbeit betragen.

1.1 Aufgabe

Im Rahmen der Bachelorarbeit soll der Greifarm OpenMANIPULATOR-X der Firma Robotis in Betrieb genommen sowie die Möglichkeiten der Steuerung erprobt werden. Weiterhin soll die Steuerung Mittels Handlungsplanung ermöglicht werden. Hierfür sind bestehende Bibliotheken und Frameworks zu evaluieren und ein ausgewähltes zu Implementieren.

1.2 Abgrenzung/Motivation

2 Grundlagen

2.1 OpenMANIPULATOR-X

Der OpenMANIPULATOR-X ist ein von der Firma ROBOTIS¹ hergestellter Greifarm nach den Prinzipien "OpenSoftware" und "OpenHardware". OpenSoftware steht hierbei dafür, dass es ein OpenSource Projekt ist und auf dem OpenSource Projekt Robot Operating System 2 (ROS2) basiert. OpenHardware steht dafür, dass die meisten Komponenten als STL-Dateien zur Verfügung stehen und als Ersatzteile oder zum Anpassen des Greifarms mittels eines 3D-Druckers selbst hergestellt werden können.

Der OMX(Greifarm?,Abk?) ist eine 5DOF (5 Degrees of Freedom) Plattform, welche mittels 5 Servomotoren² gesteuert wird. Dies ist aufgeteilt in 4DOF für den Arm sowie 1DOF für den Greifer. Es kann eine Last bis 500g getragen werden

2.1.1 ROS2

2.2 Planung

2.2.1 Allgemein

2.2.2 STRIPS

2.2.3 PDDL

2.2.4 PDDL-Plugin für VS Code

2.2.5 Partial Order Planning Forward

popf

2.2.6 Behavior Tree

¹<http://en.robotis.com>

²DYNAMIXEL XM430-W350-T

3 Konzept

3.1 Struktur Nodes

Um eine einfache sowie übersichtliche Steuerung des Greifarms zu ermöglichen wird die Funktionalität in mehrere ROS2 Nodes aufgeteilt. Generell werden folgende Funktionalitäten benötigt: der Planer, die Speicherung des aktuellen Zustands der Welt, die Ausführung des Plans sowie die Möglichkeit Eingaben zu verarbeiten und an die entsprechende Stelle weiterzuleiten.

Diese Aufteilung entspricht auch einer guten Aufteilung und Trennung der Verantwortungen um daraus ROS2 Nodes zu machen. Hier haben die Nodes folgende Verantwortlichkeiten:

Die Planungs-Node muss mit einer gegebenen Domäne und einem Problem einen Plan bestehend aus einer Reihe von Aktionen zurückgeben.

Die Welt-Node hält den aktuellen Zustand der Welt bzw. des Problems und muss diesen konsistent halten.

Die Ausführungs-Node muss entsprechend eines gegebenen Plans die beinhalteten Aktionen ausführen.

Die Eingabe-Node ermöglicht die Erstellung eines Problems mit einem Welt-Zustand und einem Ziel.

4 Implementierung

4.1 Inbetriebnahme Greifarm

Der OMX wird als Bausatz geliefert. Für die Inbetriebnahme ist daher der Zusammenbau und die Installation der entsprechenden Software nötig.

4.1.1 Zusammenbau

- Bausatz ca 40 Teile (ohne Schrauben)
- Rausbrechen Plastik bei Vorbereitung Servos
- Servos einzeln anschließen und per Dynamixel Wizard ID setzen

Der Bausatz des OMX besteht aus ca. 60 Teilen (ohne Schrauben, s. Abbildung 1). Einige der mit den Servomotoren mitgelieferten Teile werden dabei nicht benötigt, da der Bausatz des OMX diese auch enthält oder ersetzt (z.B. längere Kabel). Von allen Schrauben wurde außerdem Ersatz mitgeliefert.

Der Zusammenbau erfolgte nach der auf der Webseite verfügbaren Bauanleitung VERWEIS ANLEITUNG. Zu beachten ist, dass hier vorausgesetzt wird, dass den Servos bereits die IDs 11 (Basis des Greifarms) bis 15 (Greifer) zugewiesen wurden. Dies kann über die Software DYNAMIXEL Wizard³ gemacht werden: die Servos einzeln über das U2D2⁴ an den PC anschließen, die ID setzen und den Servo entsprechend markieren oder die ID merken. Weiterhin müssen bei den Abdeckungen der Servos 12 und 14 die vorgestanzten Abdeckungen herausgebrochen werden. Dies ist in der Anleitung leicht zu übersehen. Weiterhin wird angenommen, dass das Horn der Servos bereits angebracht ist. Hierbei ist darauf zu achten, dass die Einkerbung an Horn und Servo übereinstimmen.

4.1.2 Virtuelle Maschine

- Ubuntu 20.04
- Auflösung Einstellung "keine"
- Installation ROS2 Foxy
- Installation OMX

Zur Nutzung des Greifarms wurde eine Virtuelle Maschine (VM) mit VirtualBox⁵ von Oracle aufgesetzt. Als Betriebssystem der VM wurde das für ROS2 Foxy empfohlene **foxyreq** Ubuntu 20.04⁶ gewählt. Danach wurde entsprechend der Anleitung für den OpenMANIPULATOR-X **foxyinstall** zuerst ROS 2 Foxy über das Installations-Script von ROBOTIS und im Anschluss die für den Greifarm benötigten Packages installiert.

³VERWEIS ODER LINK

⁴ERKLÄRUNG ODER VERWEIS HINZUFÜGEN

⁵<https://www.virtualbox.org>

⁶<https://releases.ubuntu.com/20.04/>

4 Implementierung



Abbildung 1: Bausatz für den OpenMANIPULATOR-X

4.2 Steuerung Greifarm

4.2.1 OMX-Controller

4.2.2 Topics

4.2.3 Kinematik

4.3 PlanSys2

plansys

4.3.1 PDDL-Domain

- Durative Actions
- Gripper + Blockworld
- keine existential/negative Preconditions

4.3.2 Action Nodes

5 Ergebnis

6 Abschnitt

Hier soll eine kurze Einführung erfolgen, die den Zusammenhang des Kapitels zur Arbeit herstellt.

Generelle Hinweise:

- eindeutige Begrifflichkeit verwenden
- auf logische Herleitung der Argumentation achten

Ein Hauptabschnitt - idealerweise sollten keine Abschnitte leer sein.

6.1 Unterabschnitt

Ein Unterabschnitt - idealerweise sollten keine Abschnitte leer sein.

6.1.1 Unterunterabschnitt

Ein Unterunterabschnitt - idealerweise sollten keine Abschnitte leer sein.

7 Einfache Formatvorlagen

Das ist fett gedruckter Text.

Das ist kursiver Text.

Auflistungen sind oft hilfreich für die Strukturierung:

- Erster Eintrag
- Zweiter Eintrag

Nummerierte Aufzählungen sind oft hilfreich für Reihenfolgen:

1. Erster Eintrag
2. Zweiter Eintrag

8 Zitieren und Referenzieren

Beiträge in Fachzeitschriften wie **clemen1989combining** oder Konferenzartikel wie **he2017mask** werden auf diese Weise im Text zitiert. In anderen Fällen möchte man aber in Klammern zitieren (**clemen1989combining**), auch mit mehreren Autoren (**baumol1958warehouse; clemen1989combining; he2017mask**).

Die Seitenzahlen müssen angegeben werden (**chollet2018deep**). Bezieht sich das Zitat auf eine Textstelle, die sich über mehrere Seiten streckt, so sind diese entsprechend anzugeben: **chollet2018deep** bzw. **chollet2018deep**

So wird eine Webquelle zitiert: **shiny**¹. Es kann bei kurzen Informationen im Internet aber auch reichen die Adresse⁷ als Fußnote einzubetten.

Bei einem direkten Zitat muss der zitierte Text originalgetreu wiedergegeben werden. Rechtschreibfehler oder eine veraltete Orthographie werden unverändert wiedergegeben. „Der zitierte Text steht immer in Anführungszeichen“ (**chollet2018deep**).

So werden andere Teile der Arbeit referenziert: Kapitel 1, Gleichung 1 zeigt...

So verweisen wir auf eine Fußnote ⁸.

9 Abbildungen

Abbildungen erfordern das package *graphicx*. Idealerweise verwendet man Vektorgrafiken oder hochaufgelöste Bitmaps. Eine gute Variante ist das Verwenden von PDFs.



Abbildung 2: Siegel der Universität

10 Tabellen

Die Tabular-Umgebung gibt die Anzahl Spalten an, deren Orientierung, Breite und evtl. Zwischenlinien.

Tabelle 1: Meine Tabelle

col1	col2	col3
Multiple row	cell2	cell3
	cell5	cell6
	cell8	cell9

⁷<https://shiny.rstudio.com/tutorial/written-tutorial/lesson1/>

⁸dies ist eine Fußnote

11 Formeln

$$\sum_{i=1}^N x_i \quad (1)$$

12 Abkürzungen

Bei der ersten Verwendung wird die Abkürzung eines Fachbegriffs wie zum Beispiel Machine Learning (ML) eingeführt und daher ausgeschrieben. Bei der zweiten Verwendung der Abkürzung ML ist dies nicht mehr nötig. Die Abkürzungen sind in dem Abschnitt *Definition der Abkürzungen* einzupflegen. Das Abkürzungsverzeichnis ist alphabetisch anzuordnen. Bleibt das Abkürzungsverzeichnis leer, so kann dieser Abschnitt (Zeilen 164-173 im main.tex) gelöscht werden.

13 Fazit

In der Schlussfolgerung sollen

- die Themenstellung
- der gewählte Ansatz
- die Ergebnisse der Arbeit
- eine kritische Stellungnahme/Einschätzung
- nächste Schritte

deutlich werden.

Hinweis: Die Schlussfolgerung sollte mit der Zusammenfassung bzw. dem Abstract und der Einleitung abgeglichen werden. Es sollte immer eine Zusammenfassung der wesentlichen Erkenntnisse der eigenen Arbeit sein, die den Forschungsbeitrag darstellt. Der Umfang der Schlussfolgerung sollte ähnlich wie die Einleitung ca. 5 % der gesamten Arbeit betragen.

A Anhang A