

Nichtlineare Zustandsbeobachtung und bildbasierte Validierung am inversen Doppelpendel

Studienarbeit M-Monat/Jahr-Nummer

Andreas Serov
Matrikelnummer 2871560

Hannover, März 2017

Erstprüfer Prof. Dr.-Ing. T. Ortmaier
Betreuer M. Sc. Steffen Bosselmann

Ich versichere, dass ich diese Studienarbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel verwendet habe.

Hannover, Tag. Monat Jahr

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Robotersysteme	2
2.1	PR2	2
2.2	Technische Daten der youBot-Plattform	3
3	Stand der Technik	4
4	Modellierung und Zustandsraumdarstellung des Doppelpendels	5
4.1	Dynamische Gleichungen	5

Bildverzeichnis

2.1	PR2-Roboter (Quelle: Willow Garage)	2
4.1	Aufbau des inversen Doppelpendels	5

Tabellenverzeichnis

2.1 Technische Daten der youBot Plattform	3
---	---

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzungen

etc.

1 Einleitung

Die Abkürzung etc. steht im Abkürzungsverzeichnis.

2 Robotersysteme

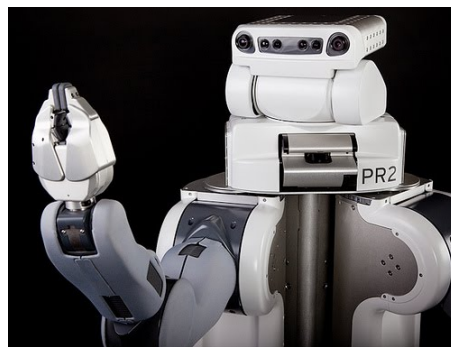
Ein bis zwei zur Einleitung des Kapitels...

2.1 PR2

Der PR2 (Willow Garage Inc., Menlo Park, USA) ist ein ***menschenähnlicher*** Serviceroboter, der seinen Dienst in Wohnräumen verrichten soll und derzeit im sogenannten PR2 Beta-Programm von elf Forschungseinrichtungen über einen Zeitraum von zwei Jahren getestet wird [?].



(a)



(b)



(c)

Bild 2.1: PR2-Roboter (Quelle: Willow Garage)

Ausgestattet ist der PR2 mit zwei Armen, die jeweils sieben Freiheitsgrade haben und an deren Enden ein Greifer montiert ist, siehe Bild 2.1. Die Sensorik des Armes besteht aus einer Kamera am Unterarm und Druck- sowie Beschleunigungssensoren am Greifer. Die Nutzlast eines Arms ist mit 1,8 kg ausgewiesen. Weiterhin verfügt der Roboter über einen dreh- und schwenkbaren Kopf, in dem eine 5-Megapixel Farbkamera, ein LED-Texturprojektor und zwei Stereokameras integriert sind, wobei eine Kamera für die Fernsicht und die andere für die Objektmanipulation genutzt wird. Unterhalb des Kopfes ist ein schwenkbarer Laserscanner und ein Inertialsensor verbaut. Die Position des Oberkörpers lässt sich in der Höhe zwischen 1330 mm und 1645 mm (Gesamthöhe) variieren. Angetrieben wird die omnidirektionale Basis von vier gelenkten Rädern, die eine maximale Geschwindigkeit von 3,6 km/h ermöglichen. Die

quadratische Basis hat eine Kantenlänge von 668 mm. Als Recheneinheit stehen zwei Server zur Verfügung, die jeweils auf acht CPU-Kernen rechnen und dabei auf 24 GB Arbeitsspeicher zugreifen können. Als Betriebssystem wird Ubuntu verwendet, auf dem das Robot Operating System, kurz ROS, die Grundlage für die Datenverarbeitung bildet. Da ROS innerhalb dieser Arbeit ebenfalls zum Einsatz kommt, wird dieses in Abschnitt ?? vorgestellt und an den entsprechenden Stellen weiter erläutert. Die Kosten für einen PR2-Roboter belaufen sich derzeit auf etwa 400,000 US – Dollar¹. Mit Hilfe des PR2 wurden von den zuvor erwähnten Beta-Testern Szenarien bewältigt, die innerhalb des menschlichen Wohnraumes auftreten können. An der TU München hat ein PR2-Roboter beispielsweise zusammen mit einem anderen Robotersystem einen Pfannkuchen gebacken [?].

2.2 Technische Daten der youBot-Plattform

Tabelle 2.1: Technische Daten der youBot Plattform

Bezeichnung	Formelzeichen	
Gesamtlänge		530 mm
Gesamtbreite		350 mm
Höhe		106 mm
Radstand	l	470 mm

Listing 2.1: Launchfile zum Start der hokuyo_node

```

1 <!-- launch hokuyo node -->
2 <node pkg="hokuyo_node" type="hokuyo_node" name="hokuyo_node" output="
  screen">
3   <param name="port" value="/dev/ttyACM0"/>
4   <param name="frame_id" value="/base_laser_front_link"/>
5 </node>

```

¹Der angegebene Preis wurde am 16.08.2011 der Website <http://www.willowgarage.com/pages/pr2/order> entnommen und versteht sich exklusive Steuern und Versandkosten.

3 Stand der Technik

Das inverse Doppelpendel stellt ein inhärent instabiles System dar. Es wird in diversen Arbeiten als Maßstab für unter unterschiedliche Regelungs- und Beobachterkonzepte verwendet.

4 Modellierung und Zustandsraumdarstellung des Doppelpendels

Die Grundlage für die Simulation des inversen Doppelpendels bilden die dynamischen Bewegungsgleichungen. In diesem Kapitel wird auf die Herleitung der Gleichungen eingegangen. Des Weiteren wird auf die für die hier dargestellten Regelungskonzepte des inversen Doppelpendels notwendige Zustandsraumdarstellung erläutert.

4.1 Dynamische Gleichungen

Der allgemeine Aufbau des inversen Doppelpendels kann der Abbildung Bild 4.1 entnommen werden.

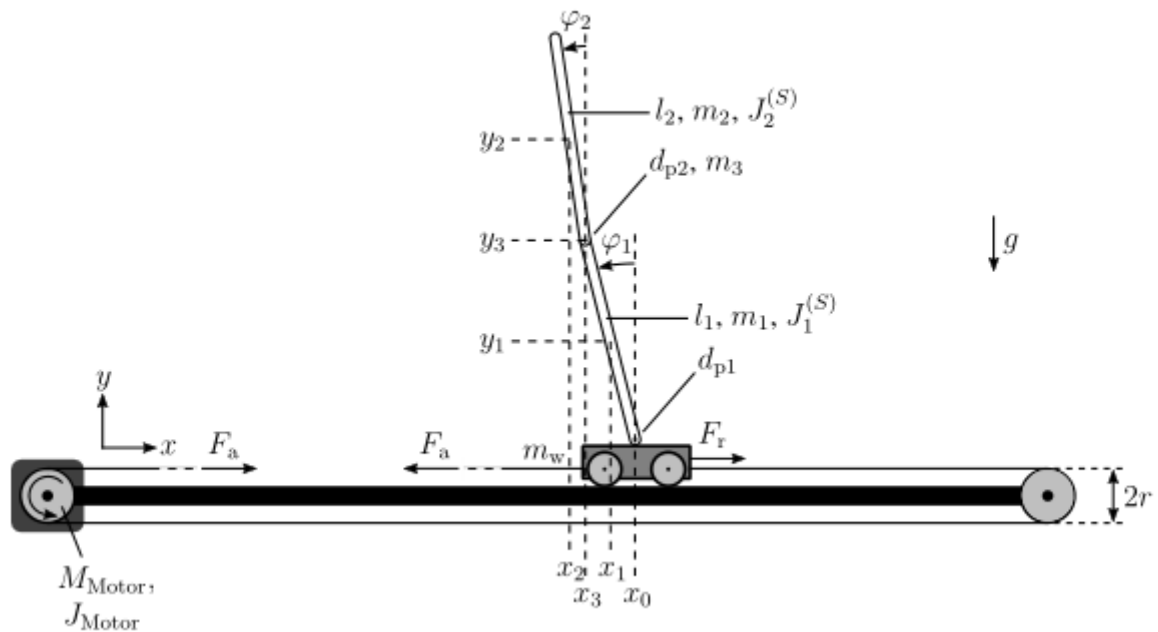


Bild 4.1: Aufbau des inversen Doppelpendels