

---

Vorschlag für eine Bachelorarbeit (Systems Engineering, FB4) am DFKI Robotics Innovation Center  
**Auslegung und Optimierung von wasserdichten Manipulatorarmgelenken**

**Motivation**

Im Rahmen des Projektes ROT (RObots in Tanks), dessen Zielsetzung es war die Möglichkeiten eines Robotereinsatzes zur Inspektion der in der Schifffahrt verwendeten Ballastwassertanks zu untersuchen, wurde ein Manipulatorarm als Ergänzung des Gesamtrobotersystems entwickelt. Die Aufgabe des Manipulators besteht darin eine Messsonde zur Kontrolle der Schutzlackgüte an die Tankwand zu führen und senkrecht zur deren Oberfläche zu positionieren. Der Manipulatorarm soll wasserdicht sein für den Fall, dass in dem Tank noch Wasserrückstände sind, als auch modular aufgebaut sein um an verschiedene Nutzlasten und Arbeitsumgebungen angepasst werden zu können.

**Zielsetzung**

Die Bachelorarbeit teilt sich in zwei Aufgabenbereiche:

**1. Entwicklung des Manipulators**

Wie oben erwähnt, soll der Manipulator ein wasserdichtes Gehäuse haben und modular aufgebaut sein. Das erste Prototyp soll aus fünf Gelenken bestehen (Reihenfolge vom Befestigungspunkt zur Nutzlast: Rotation, Kippen, Rotation, Kippen, Kippen um 90° zum vorherigen Gelenk versetzt). Das Gehäuse des Manipulators soll sehr leicht sein, damit möglichst wenig Energie zur dessen Bewegung benötigt wird und um die mechanische Belastung des Gesamtrobotersystems minimal zu halten, jedoch eine ausreichende Stabilität und Motorkraft aufweisen, um sich selbst und eine Nutzlast von 450 Gramm tragen zu können. Im Betrieb dürfen keine plastischen Verformungen der Bauteile stattfinden. Die elastischen Verformungen sind zwar vertretbar, dürfen die Funktion der Bauteile jedoch nicht beeinträchtigen.

**2. Motorstellpositionsregelung**

Hier soll der, derzeit in der Software zur Ansteuerung der Motorkarten implementierter, kaskadierter Positions-Geschwindigkeits-Strom-Regler besser an die Systemgegebenheiten angepasst werden. Dabei sollen die P- und I-Anteile der Positions-, Geschwindigkeits- und Stromreglers mittels Simulink bestimmt und in die Steuerungssoftware der Gelenke übertragen werden. Um möglichst genaue Simulationsergebnisse zu erzielen werden die Parameter der verwendeten DC-Motoren nicht aus dem Datenblatt übernommen sondern auf der Teststrecke nach der Sprungantwort der Regelstrecke bestimmt. Das Ziel der Regleroptimierung ist es eine möglichst hohe Stellgenauigkeit zu erreichen, die Überschwingungen der Gelenke müssen dabei minimal gehalten werden, da als Zielpunkt eine feste Ebene fungiert, sodass eine übermäßige Überschwingung sowohl die Messsonde als auch den Manipulator und die zu untersuchende Fläche beschädigen kann.

Da alle Gelenke samt Antrieben aufgrund der unterschiedlichen Belastungen unterschiedlich dimensioniert sind, und deren Regelstrecken dementsprechend unterschiedliche Parameter haben, sollen auch die Reglerparameter für jedes Gelenk einzeln bestimmt werden. Zu einer Herausforderung gehört dabei der Slip-Stick-Effekt, der aufgrund des Reibungswiderstandes der Rotationsdichtungen an der Antriebswelle und deren Elastizität entsteht. Um dieses Problem zu analysieren wird in einer Versuchsreihe ermittelt bei welchen Drehgeschwindigkeiten es bei der verwendeten Werkstoffkombination zum Slip-Stick-Effekt kommt und wie groß dabei der Slip-Bereich ist. Parallel wird eine Recherche durchgeführt um die geeigneten Reglerarten zur Slip-Stick-Reduzierung zu finden die dann auf die Eignung des Einsatzes auf dem gegebenen System untersucht werden. Bei der Eignungsuntersuchung müssen sowohl vorhandene Aktorik und Sensorik als auch die

Umsetzungsmöglichkeit auf einem FPGA berücksichtigt werden. Abschließend soll der Regler unter Verwendung der ermittelten Daten implementiert werden.

### 3. (Optional) CAN-Bus-Kommunikation

Während der Tests des Manipulators wurde bei den SpaceClimber-Motorkarten ein wiederholter Datenpaketverlust festgestellt. Das Ziel dieses Aufgabenbereiches ist die Ursache des Paketverlustes zu finden und zu beseitigen. Um dies zu erreichen wird folgendermaßen vorgegangen:

1. überprüfen, ob die elektrischen Eigenschaften der verwendeten Busleitungen der CAN-Spezifikation entsprechen und gegebenenfalls nachbessern.

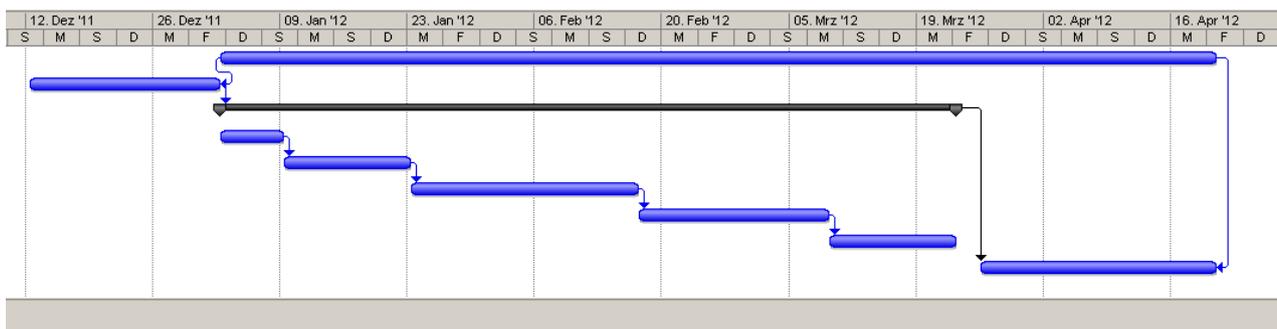
Beim Fortbestehen des Problems:

2. softwareseitig feststellen unter welchen Bedingungen es zum Datenverlust kommt. Als mögliches Analysetool kann dabei SocketCAN verwendet werden.
3. eine Lösung des Problems (der Probleme) finden und implementieren
4. erneute Tests durchführen

Die Schritte 3 und 4 werden so lange iterativ ausgeführt bis der Datenverlust ausgeschlossen ist, bzw. rechtzeitig erkannt wird um die verlorene Pakete nachzusenden.

### Zeitplanung:

	Vorgangsname	Dauer	Anfang	Ende
1	Schriftliche Ausarbeitung	16 Wochen	Mo 02.01.12	Fr 20.04.12
2	Entwicklung des Manipulators	3 Wochen	Mo 12.12.11	Mo 02.01.12
3	<b>Motorstellpositionsregelung</b>	<b>59 Tage</b>	<b>Mo 02.01.12</b>	<b>Fr 23.03.12</b>
4	Test und Auswertung der Regler vor der Optimierung	1 Woche	Mo 02.01.12	Mo 09.01.12
5	Slip-Stick-Bedingungen und Sprungantworten der Regelstrecken auf dem Teststand bestimmen	2 Wochen	Mo 09.01.12	Mo 23.01.12
6	Slip-Stick-tolerante Regler: Stand der Technik, Umsetzungsmöglichkeiten auf FPGA	19 Tage	Mo 23.01.12	Fr 17.02.12
7	Umsetzung der neuen Rglerparameter auf dem Manipulator	3 Wochen	Fr 17.02.12	Fr 09.03.12
8	Test und Auswertung der Regler nach der Optimierung	2 Wochen	Fr 09.03.12	Fr 23.03.12
9	Überarbeitung / Schlusskorrektur Arbeit	4 Wochen	Mo 26.03.12	Fr 20.04.12



### Von:

Andrej Kolesnikov

(Bachelor Studiengang Systems Engineering, FB4)

### Betreuer:

Dipl.-Inf. Leif Christensen  
Sven Kroffke

(DFKI - RIC)  
(DFKI - RIC)