

# Probleme der Navigation von Rehabilitationsroboter Intelligenter Rollstuhl

Sandrine Chouansu  
Institut für Technische Informatik  
Lehrstuhl für Automation Universität Heidelberg  
Heidelberg, Germany  
chouansu@stud.uni-heidelberg.de

**Kurzfassung** ---Rehabilitation Roboter (wie z. B. FRIEND als intelligenter Rollstuhl) wurden entwickelt, um ihre Benutzer die Autonomie für die Umgebung im täglichen Leben zu erlangen. Dieses Paper betrachtet das Konzept und Realisierung eines Software-Frameworks, welcher in der Lage ist, Operationen von autonomen Systemen auszuführen und Benutzer-Interaktionen Befehle innerhalb eines verteilten Systems zu realisieren. Schwerpunkte der Entwicklung waren die Verwaltung von Hardware-Ressourcen (z. B. Sensoren und Aktoren) und die Unterstützung von parallelen Aktionen sowie Befehle auf hohem Abstraktionsniveau, um den Aufwand von der Programmierung des Systems zu reduzieren. Die Anwendung des entwickelten Frameworks auf Basis der Probeschritte des gesteuerten Greifvorganges von Objekten mit dem Robot-System FRIEND innerhalb einer intelligenten häuslichen Umgebung wird durchgeführt. um das Softwaregerüst zu testen.

## I. EINLEITUNG

Die Alterung der Bevölkerung in Deutschland lässt einen enormen Zuwachs an älteren, alleinstehenden und behinderten Mitbürgern erwarten. Ein Mangel an qualifiziertem Personal, die Suche nach Steigerung der Mobilität und der Selbständigkeit bei Behinderten und ältere Menschen bringen die Forscher zum Umdenken. Die Ausgaben für Gesundheit und Pflege wird immer eine große Belastung für unsere Gesellschaft sein. Das Gesundheitswesen wird immer teurer und Menschen mit mittlerem und unterem Einkommen sind nicht in der Lage, sich solchen Dienst zu leisten. Um eine teure Belastung des Gesundheits- und Sozialsystem frühzeitig zu vermeiden, werden potentielle Lösungsvorschläge betrachtet. Eine dieser Lösungen ist der Einsatz von neuen Technologien (Rehabilitationsroboter) in der Medizin. Um diese Roboter zu steuern, konfrontieren sich Patienten mit Problemen der Navigation, welche sich durch Behinderungsklassen unterscheidet (Funktionsausfall der Arme/Beine, Augen, Sprache). In der hier geschilderten Arbeit wird einerseits die Hardware-Struktur des Systems FRIEND dargestellt, danach dessen Software-Struktur und verwendeten Algorithmus betrachtet und schließlich die Vorteile dieser Reha-Roboter.

## II. HARDWARE-STRUKTUR VON FRIEND

Der halbautonomen Roboter "FRIEND" ist ein Rollstuhl mit Roboterarm. Er wurde entwickelt, um behinderte und ältere Personen in den Aufgaben des täglichen Lebens, wie dem Einschenken einer Mahlzeit oder eines Getränkes zu unterstützen. Das System ist für die Verwendung durch Personen mit der oberen Gliedmaßen- Beeinträchtigungen sowie Behinderung der Beine und oder Arme.



FRIEND-System, welches in der Abbildung 1 bezeichnet wird, besteht aus einem elektrischen Rollstuhl mit den Roboterarm MANUS.

Beide Vorrichtungen werden von einem Computer gesteuert. Die Benutzeroberfläche besteht aus einem Flachbildschirm und einer Redeschchnittstelle. Dieser Elektrorollstuhl wurde mit verschiedenen zusätzlichen Komponenten ausgestattet. Diese Komponenten sind in drei Teile zu unterscheiden, welche nachfolgend beschrieben werden.

#### A. Sensoren

Sensoren um die Umgebung des Roboters zu erfassen.

- Intelligentes Tablett.

Dieses Tablett dient dazu, Gegenstände vor dem Patient abzustellen. Es besteht aus zwei wesentlichen Komponenten: einer Folie, welche viele einzelne Infraroteinheiten (IR) besitzen für eine präzise Informationen über die Position der Objekte sowie eine elektronische Waage, welche das Gewicht der zu servierten Getränke oder Essen liefern.

- Kamerasystem:

Um das gezielte Objekt mit Geschwindigkeit, Auflösung, Ansteuerung zu verfolgen. Es dient auch dazu die Objektgröße anzupassen.

#### B. Aktoren

Aktoren, um die vom Benutzer gegebenen Befehle auszuführen.

- Roboterarm:

Der Leichtgewichtroboterarm ist ein Roboterarm mit 6 DOF<sup>1</sup> Freiheitsgraden. Der Roboterarm ist fest an der rechten Seite des Rollstuhls montiert.

- Pan-Tilt-Heads

#### C. MMS

Mensch-Maschine-Schnittstelle, damit der Benutzer und der Roboter miteinander kommunizieren können: Mikrofon ; Tastatur ; Maus

### III. SOFTWARE-STRUKTURE

Dieser Abschnitt betrachtet die Softwarearchitektur von dem System FRIEND und das Verfahren zur Realisierung der autonomen Greiffähigkeit des Roboters.

#### A. Softwarearchitektur

Die folgende Skizze stellt der Softwarearchitektur vom System FRIEND dar. Es sind die wichtigsten Schnittstelle und der Informationsfluss zwischen den Komponenten zu betrachten.

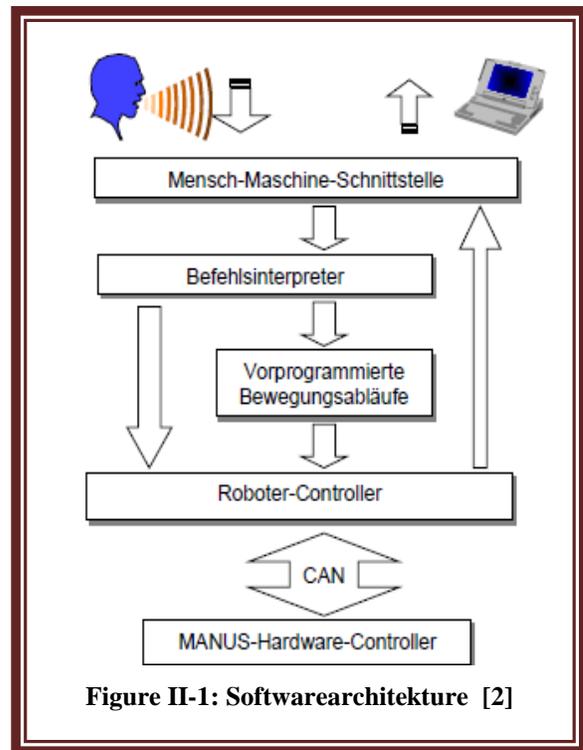


Figure II-1: Softwarearchitektur [2]

Der Benutzer gibt einem Auftrag in natürlicher Sprache ab. Die Mensch-Maschine-Schnittstelle (MMS) übernimmt es und durch die integrierte Spracherkennungssystem, setzt dieser Auftrag in eine Zeichenkette um und gibt weiter den Befehlsinterpretierer an. Bei einem gültigen Kommando wird der Interpreter feststellen, ob es ein Roboterbefehl (benutzergeführter Modus) oder ein automatisierten Ablauf (automatischer Modus) ist. Bei einem Roboterbefehl wird die Mission direkt an den Roboter-Controller gesendet, welche eine Verbindung zur roboterorientierten Programmierung herstellt. Es werden Kommandos über den CAN<sup>2</sup>-Bus an den MANUS-Hardware-Controller (MHC) gesendet und Positionsdaten von diesem empfangen, um Roboterbefehle abzuarbeiten. Der MHC läuft im harten Echtzeitbetrieb und hilft dabei die inversen Kinematik<sup>3</sup> und die Geschwindigkeitsregelung der einzelnen Achsen im kartesischen Modus zu berechnen. Eine erfolgreiche oder fehlerhafte Antwort dieses Auftrag wird vom aktuellen Zustand des Roboter-Controllers bestimmt, welche an die der MMS übertragen wird, damit der Benutzer es mitkriegt.

<sup>2</sup> Controller Area Network: Ein echtzeitfähiges Feldbusprotokoll. Eine detaillierte Beschreibung des Protokolls ist in zu finden.

<sup>3</sup> Die inverse Kinematik bezeichnet die Rücktransformation der kartesischen Endlage einer offenen kinematischen Kette (im Falle des Roboterarms ist dies der Robotergreifer) in die zugehörigen Achskoordinaten .

<sup>1</sup> Degrees of Freedom: Anzahl der mechanischen Freiheitsgrade. Ein mechanischer Freiheitsgrad ist eine Bewegungsmöglichkeit eines Körpers, die unabhängig von anderen Bewegungen ausgenutzt werden kann und durch eine unabhängige Koordinate dargestellt wird

#### IV. VERFAHREN ZUR REALISIERUNG DER AUTONOMEN GREIFFÄHIGKEIT

Der Benutzer gibt ein Auftrag ein Getränke servieren zu bekommen, dieser Auftrag wird in kleinen Missionen verteilt („Greife Flasche“, „Greife Glas“, „Einschenken“, „Anreichen“). In dem untenstehenden Bild wird es dargestellt:

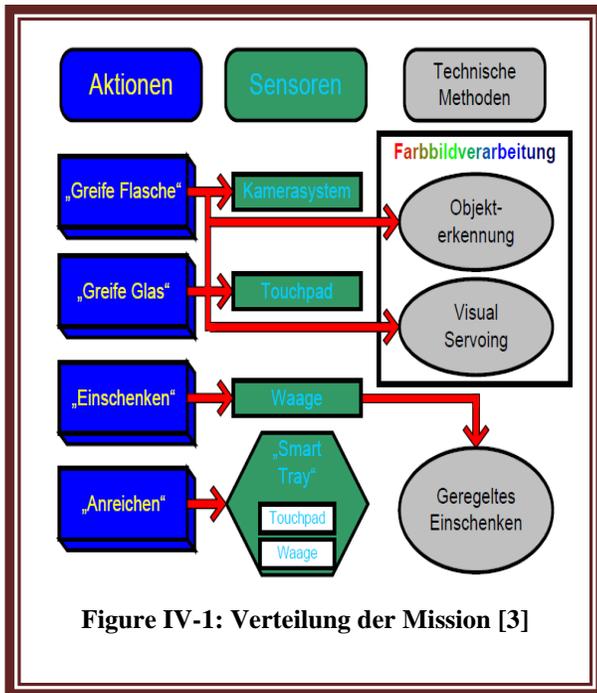


Figure IV-1: Verteilung der Mission [3]

Die wesentlichen technischen Methoden dieses Verfahren sind die Farbbildverarbeitung (Objekt-erkennung und Visual Servoing) und das geregeltes Einschenken. Der vom Benutzer gegebene Befehl „Objekt greifen“ wird von dem Robot-Controll Server durchgeführt und dadurch wird der Greifer in eine geeignete Greifposition überführt. Diese Vorgehensweise wird mit Hilfe des Visual-Servoing Algorithmus und den Mittelpunkt Koordinaten der Marke, die von der Instanz des Image-Processing Servers geliefert werden. Das Kommando „Einschenken“ wird durch die technische Methode geregeltes Einschenken durchgeführt.

##### A. Bild-Erkennung

Mit Hilfe eines Bildverarbeitungssystems, welche in fünf Stufen unterteilt ist (Erfassung Vorverarbeitung, Segmentation, Merkmalsextraktion, Klassifikation) wird die Bild-Erkennung realisieren.

- Bilderfassung

Die Bilderfassung ist die erste Stufe eines Bildverarbeitungsverfahrens. Sie basiert auf der Messdaten- Erfassung und Quantisierung des Signals.

- Vorverarbeitung

Hier werden nützliche Informationen

für weitere Verarbeitungsschritte herausgestellt. Dies wird durch folgende Operationen geschehen (Glättung, Mittelwertbildung, Tief- oder Hochpaßfilterung); und lässt sich allgemein darstellen:

$$g(x, y) = T [f(x, y)]$$

wobei  $g(x, y)$  bzw.  $f(x, y)$  die neu bzw. ursprünglichen Grau-Wert ist und T die ausgewählte *Punktoperation*

- Segmentierung

Die Bildsegmentierung ist ein Verfahren, welche zusammengehörige Bildstrukturen in einem Bild erkennt und diese als Einheit weiter verarbeitet. Es besteht unter zwei Annahmen.

1. Zusammenhängende Bereiche haben ähnliche Grauwerte und
2. der Übergang von einem Bereich zum benachbarten Bereich durch eine Diskontinuität [1]

- Merkmalsextraktion

Hier werden die Merkmale extrahieren, um effiziente Informationen über den Bildinhalt zu bekommen, wie zum Beispiel Flächeninhalt, Umfang, Schwerpunkt.

- Klassifikation

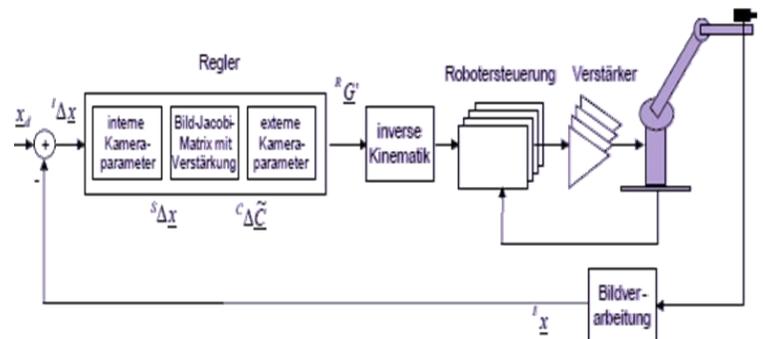
Hier wird die Umwandlung von Bildern in Bildbereiche zu Objekte in realer Welt durchgeführt. Dies geschieht durch das Verfahren von Bilderkennung.

##### B. Das Visual-Servoing Verfahren zur Regelung des Robotergreifers

Um den Greifer der Roboter zu steuern, wurde das Visual-Servoing Verfahren im Einsatz genommen.

Das unten stehende Bild veranschaulicht es mit Hilfe einen Regelkreis.

#### Visual-Servoing Regelkreis



Im Regler werden die internen Kameradaten durch die Jacobi-Matrix mit Verstärkung transformiert, um die externe Kameradaten zu bekommen, und diese werden durch die inverse Kinematik zur Robotersteuerung weitergegeben, welcher der Roboterarm steuern wird.

## V. EXPERIMENTELLE ERGEBNISSE

Um die Wirksamkeit des entwickelten Systems zu testen, wurde ein Experiment in einer häuslichen Umgebung durchgeführt. Ein Benutzer auf dem FRIEND Rollstuhl hat ein Getränk bestellt, und dies wurde vom Roboterarm ohne fremde Hilfe realisiert.

## VI. FAZIT

Dieses Papier beschreibt die Hardware, Software-Architektur und Regelstrategien eines neu entwickelten intelligenten Rollstuhls namens FRIEND. Basierend auf den Farbbildverarbeitungstechniken, wobei die Steuerung des Rollstuhls durch sprachliche Eingabe erfolgt und durch den Roboterarm realisiert wird. Das System ist sehr kompakt und hat eine gute Leistung und Echtzeit-Reaktion. Der FRIEND Rollstuhl hat ein hohes Preis-Leistungsverhältnis und ist wettbewerbsfähig auf dem kommerziellen Markt.

## VII. LITERATURVERZEICHNIS 2

- [1] I. U. Bremen, „IAT,“ [Online]. Available: <http://www.iat.uni-bremen.de/sixcms/detail.php?id=1096>. [Zugriff am 20.01.2013].
- [2] C. Martens, „Entwurf einer agentenorientierten Softwarestruktur,“ Fernuniversität in Hagen, Hagen, 2000.
- [3] O. Kouzmitcheva, „Intelligente Sensoren für den Rehabilitationsroboter,“ Olena Kouzmitcheva, Universität Bremen, 2004.

FIGURE I-1: FRIEND-SYSTEM [1] .....	1
FIGURE III-1: SOFTWAREARCHITEKTUR [2] .....	2
FIGURE IV-1: VERTEILUNG DER MISSION [3] .....	3
FIGURE IV-2: VERTEILUNG DER MISSION .....	3
FIGURE IV-3 .....	3