Entwicklung eines ROS-Kommunikationssystems für die robotische Telemanipulation mit haptischem Feedback mittels Handbewegung in einem MRK-Szenario

Development of a ROS communication framework for robotic telemanipulation with haptic feedback using hand movement in a co-robot context

Akhilraj Anilkumar, Luise Brinster, Maik Berger

TU Chemnitz, Professur Montage- und Handhabungstechnik, akhilraj.chamakkalayil-anilkumar@mb.tu-chemnitz.de

Kurzfassung

Im Kontext der kollaborierenden Robotik besteht ein Bedarf für Roboterhandgelenke, welche spezielle Anforderungen bei der Zusammenarbeit mit einem Menschen erfüllen müssen. Aufgrund von sicherheitsrelevanten Erwägungen besitzen kollaborierende Systeme oft Beschränkungen hinsichtlich der maximal möglichen Arbeitsgeschwindigkeit, weswegen Aufgaben in kleinen Arbeitsräumen nur vergleichsweise langsam durchführbar sind. Ein vielversprechender Ansatz im Roboterdesign ist deshalb die Verwendung eines weiteren, kleineren Roboters als Handgelenk, welcher in spezifischen Handhabungssituationen diesen Nachteil ausgleicht. In der von Wabnitz et. al. durchgeführten Konzeptstudie [1] wurde ein Handgelenk auf Basis einer Delta-Parallelkinematik ($F_1 = 3$) an einem kollaborierenden Roboter der Fa. Universal Robots (UR5, $F_2 = 6$) angeschlossen. Dabei kam für die Handhabung des zu manipulierenden Objekts der Delta-Roboter zum Einsatz, der durch den UR5 im Raum positioniert wurde. Durch die Kombination aus dem Roboter mit serieller und einem weiteren mit parallelkinematischer Struktur konnten die Vorteile beider Systeme in einem hybriden Roboter vereint werden.
Für den Einsatz dieses Mehrrobotersystems in einer Handhabungsaufgabe ist ein Steuerungskonzept zu erstellen, das aufgrund des hohen Freiheitsgrades von $F = 9$ eine Schwierigkeit darstellt. In obengenannter Studie wurden deswegen zwei miteinander unabhängige Steuerungen, jeweils für einen Roboter, implementiert und eine nach dem anderen ausgeführt. Die von den Robotern angefahrenen Punkte wurden in den jeweiligen Steuerungen für die Wiederholung gespeichert.

Aufbauend darauf soll eine Kommunikationsschnittstelle für die Verbesserung der Steuerung des Mehrrobotersystems erstellt werden, damit über lediglich eine Steuerung die Position beider Roboter bestimmt und für eine spätere Wiederholung gespeichert werden kann. Weiterhin soll die Positionierung der einzelnen Roboter intuitiv über einfache Handbewegung erfolgt und ein erfolgreiches Greifen durch ein kinästhetisches Feedback bestätigt werden. Dies soll als eine Vorstudie zu einem Projekt in der Implementierung des Force-Feedbacks in der Teleoperation dienen.
Die Telemanipulation des UR5 soll über die Bewegung der rechten Hand erfolgen, deren Position über einen Leap-Motion-Controller verfolgt werden kann. Dabei wird der Delta-Roboter im Raum positioniert und orientiert, der, nach dem Tragen eines Force-Feedback-Handschuhs [2], mit der linken Handbewegung gesteuert werden soll. Der Handschuh verfügt über einen Virtual-Reality-Controller (VR-Controller), dessen Position mithilfe des VR-Headsets (Oculus-Quest) verfolgt wird, und mehrere mit Servomotoren angetriebene Koppelgetrieben für die Kraftrückmeldung auf die Fingerspitzen. Die Fingerbeugung soll den Greifer am Delta-Roboter antreiben und der erfolgreiche Greifvorgang in Form eines Force-Feedbacks bestätigt werden.
Die Kommunikation soll über das Open-Source-Framework ROS^{TM*} (Robot Operating System) realisiert werden. Darüber können von anderen entwickelte Programme genutzt werden, sodass der Fokus allein auf den Neuentwicklungen liegt. Die einzelnen Module (der UR5, der Delta-Roboter, der haptische Handschuh und der Leap-Motion Controller) sollen Informationen mithilfe von ROS-Knoten (Nodes) austauschen. Abb. 1 stellt die geplante Kommunikation zwischen den Modulen dar.

Ziel der Untersuchung ist, dass die Nutzer:innen mit der Bewegung der rechten Hand den Delta-Roboter an einem beliebigen Punkt im Raum platzieren und ihn mit der Bewegung der linken Hand ansteuern können. Die Fingerbewegung soll zum Öffnen und Schließen des Greifers führen und der erfolgreiche Greifvorgang ein Force-Feedback verursachen.
Es wurde bereits einige Studien in der Telemanipulation industrieller Roboter mittels Leap-Motion-Controllers oder haptischen Handschuhs durchgeführt. Jang et. el. haben beispielsweise einen UR5 über ROS mit einem Leap-Motion Controller teleoperiert [3]. Li et. al. nutzten einen haptischen Handschuh für die Steuerung eines seriellen Roboters über ROS [4]. Bisher wurde es aber nicht untersucht, wie die Kombination aus haptischem Handschuh und Leap-Motion-Controller für die Telemanipulation eines Mehrrobotersystems angewendet werden kann.
Zum aktuellen Stand können der Leap-Motion Controller, der Delta-Roboter und der UR5 über ROS Informationen austauschen. Es besteht noch die Anforderung, den haptischen Handschuh mit ROS zu verbinden. Außerdem ist es nötig, die

DOI: 10.17185/duepublico/77396

Dieses Werk ist lizenziert unter einer Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz.

Steuerung des UR5 über ROS zu implementieren .

Im Vortrag wird der aktuelle Stand des Projekts vorgestellt. Insbesondere werden Aspekte zur Auswahl, Kommunikation und Bearbeitung der für die Robotersteuerung notwendigen Daten und die dafür angewendeten Bibliotheken erläutert. Weiterhin soll der Vortrag einen Einblick geben, wie diese bearbeiteten Daten für die Bestimmung der Gelenkpositionen der Roboter genutzt werden. Folgende Problempunkte sind noch nicht komplett zu Ende gedacht und könnten Gegenstand der Diskussion und des wissenschaftlichen Austauschs sein:

- Erstellung der Kommunikation zwischen Oculus-Quest und ROS (beispielsweise über die Bibliothek ROS# und die Spieleengine Unity).
- Konvertierung der Werte aus dem Leap-Motion Controller in die Gelenkposition des UR5. Hierbei müssen diese Werte auf das richtige ROS-Topic publiziert werden. Alternativ kann die ROS-Bibliothek *actionlib* angewendet werden und der Informationsaustausch über *Action-Server* und *Action-Client* erfolgen.

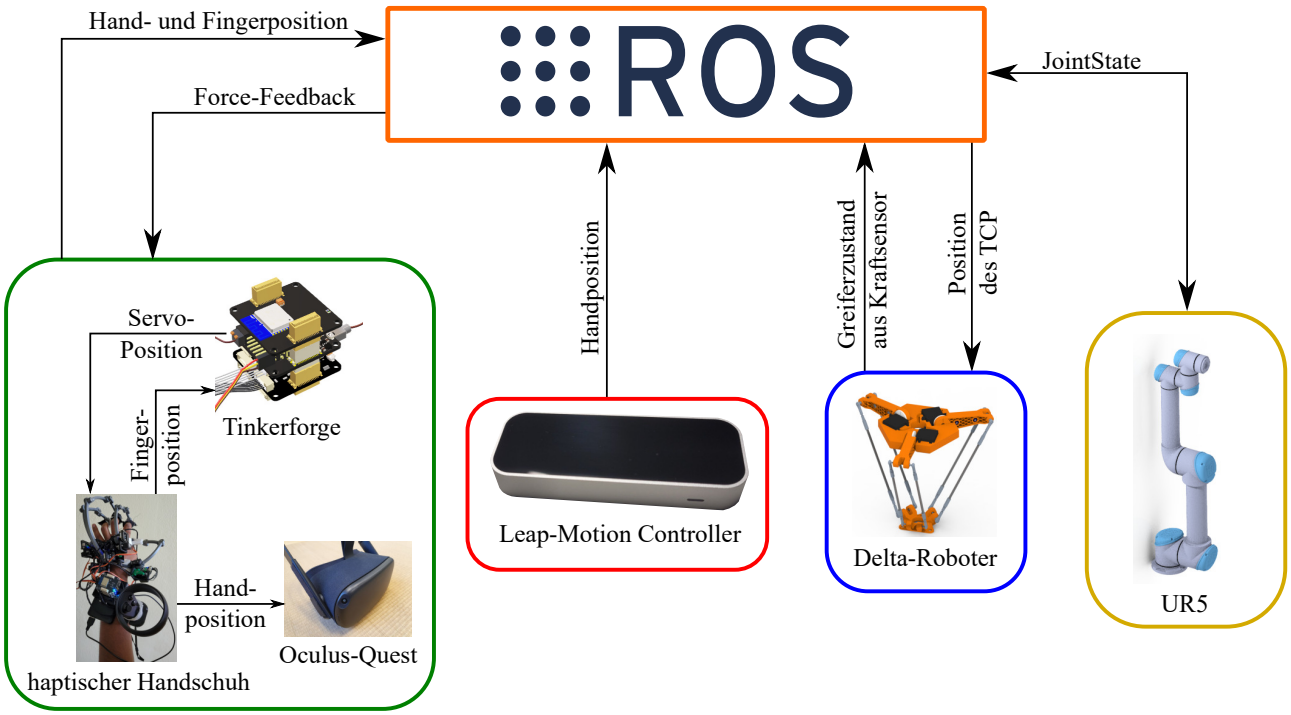

Bild 1 Kommunikation zwischen den einzelnen Modulen und ROS

Literatur

[1] Wabnitz, P.; Heine, A.; Chen, L.; Teichgräber, C.; Berger, M.: *PAROHA: Konzeptstudie eines Parallelkinematik-Roboter-Handgelenks für spezifische Handhabungsaufgaben in einem MRK-Szenario*. In: Fachtagung Mechatronik 2019, 27.-28.03.2019, Paderborn, ISBN 9783945437056, S. 192-196.

[2] Anilkumar, A.; Wabnitz, P.; Berger, M.: *Entwicklung eines haptischen Handschuhsystems für Virtual-Reality-Anwendungen*. In: Getriebetagung 2022. - Logos Verlag Berlin. 2022, ISBN 978-3-8325-5552-8, S. 215 - 223.

[3] Jang, I.; Carrasco, J.; Weightman, A.; Lennox, B.: *Intuitive bare-hand teleoperation of a robotic manipulator using virtual reality and leap motion*. In: Towards Autonomous Robotic Systems. 2019. Lecture Notes in Computer Science, vol 11650. Springer, ISBN 978-3-030-25332-5, S. 283 - 294.

[4] Li, S.; Rameshwar, R.; Votta, A.M., Onal, C.D: *Intuitive Control of a Robotic Arm and Hand System With Pneumatic Haptic Feedback*. In: IEEE Robotics and Automation Letters, vol. 4, no. 4, ISSN 2377-3766, S. 4424 - 4430.

*ROS is a trademark of Open Source Robotics Foundation

DuEPublico

Duisburg-Essen Publications online

UNIVERSITÄT DUISBURG ESSEN

Offen im Denken

ub | universitäts bibliothek

In: Neunte IFToMM D-A-CH Konferenz 2023

Dieser Text wird via DuEPublico, dem Dokumenten- und Publikationsserver der Universität Duisburg-Essen, zur Verfügung gestellt. Die hier veröffentlichte Version der E-Publikation kann von einer eventuell ebenfalls veröffentlichten Verlagsversion abweichen.

DOI: 10.17185/duepublico/77396
URN: urn:nbn:de:hbz:465-20230314-161631-8

Dieses Werk kann unter einer Creative Commons Namensnennung 4.0 Lizenz (CC BY 4.0) genutzt werden.