

Kannst Du mir das zeigen? Entwicklung und Evaluation einer Zeigefunktion für einen Telepräsenzroboter

Rakshith Venepally¹, Francisco Hernandez², Danny Rüffert²

¹LS Software Engineering GmbH, ²TU Chemnitz – Professur Arbeitswissenschaft und Innovationsmanagement

Zusammenfassung

Bei der natürlichen Kommunikation von Personen spielt neben der Sprache auch die Gestik eine große Rolle. Die Möglichkeit, auf etwas Relevantes zu zeigen – hat der Fernanwender bei marktverfügbaren Telepräsenzrobotern (TPR) nicht. In dieser Arbeit wird die Entwicklung und Evaluation einer für TPR neuartigen Zeigefunktion mittels schwenkbaren Laserpointers vorgestellt. Die Evaluation zeigt, dass der entwickelte Ansatz vielversprechend ist, jedoch Optimierungspotenzial in Bezug auf Sichtbarkeit und Steuerungspräzision bietet. Zukünftige Verbesserungen, wie eine Point-to-Click-Funktion und optimierte Videostreams, werden diskutiert.

1 Einleitung

Telepräsenzroboter (TPR) haben das Vermögen, die natürliche Kommunikation über die Ferne zwischen einem Lokal- und Fernanwender zu verbessern. Im Gegensatz zu herkömmlichen Methoden wie Videotelefonie oder beim Einsatz von Videokonferenzsystemen, können die Nutzer die Kamera und damit ihr Sichtfeld selbstbestimmt positionieren. Gleichzeitig zeigen aktuelle TPR immer noch Schwachstellen gegenüber natürlicher Kommunikation. Natürliche Kommunikation zeichnet sich neben der Sprache auch durch eine unbewusste bzw. bewusste Gestenkommunikation aus. Gerade das bewusste Zeigen auf Objekte ist derzeit nicht über TPR möglich, aber eine wichtige Funktion, die im industriellen Umfeld benötigt wird [1].

Der vorliegende Beitrag beschreibt die Entwicklung einer Zeigefunktion, die auf dem TPR Ohmni Pro (Anbieter: OhmniLabs) integriert wurde. Der Schwerpunkt liegt auf der Hardware- und Softwareentwicklung, der Integration sowie der Evaluation des Systems.

2 Entwicklung der Zeigefunktion

In die Entwicklung der Zeigefunktion erfolgte in einem mehrstufigen Vorgehen aus Anforderungsanalyse, Komponentenauswahl und Umsetzung.

Die Anforderungen wurden qualitativ in Fokusgruppen und quantitativ mittels Fragebogen (n=25) erhoben. Der Probandenpool bestand aus verschiedenen Berufs- und Altersgruppen. Alle Teilnehmer waren mit virtuellen Arbeitsmethoden vertraut. Spezifische Anforderungen betrafen die Integration ins bestehende TPR-System, Modularität, Zugänglichkeit und Kosten.

Bei der Lösungssuche mit Fokusgruppen zeigte sich, dass ein bewegbarer Laserpointer am besten geeignet ist, um eine Zeigefunktion umzusetzen. Im weiteren Verlauf der Entwicklung wurde von den Probanden dann bewertet, an welcher Stelle des TPRs eine Zeigefunktion angebracht werden und welchen Bewegungsumfang diese haben sollte. Nach Meinung der Probanden befindet sich der geeignete Montageort für den Laserpointer direkt über dem Lautsprecher des Ohmni Pro TPR und der Pointer sollte sich um jeweils 180° neigen und schwenken lassen.

Folgende Komponenten wurden verwendet:

- **Microcontroller-Board (Arduino Nano v3):** eine Mikrocontrollerplatine, die wegen ihrer Anpassungsfähigkeit und Benutzerfreundlichkeit für eine Vielzahl elektronischer Anwendungen bekannt ist [2].
- **Servomotor (SG90-Servomotor):** sind mit allen Mikrocontrollern kompatibel und bieten ausreichend Drehmoment, um eine präzise kontrollierte Bewegung des Laserpointers in zwei Achsen (vertikal Neigen und horizontal Schwenken) zu ermöglichen [3, 4].
- **Laserpointer (KY-008):** besteht aus einer kleinen Platine mit unterstützenden Komponenten und der darauf installierten Laserdiode. Die Diode erzeugt einen für das Zeigen geeigneten konzentrierten, rot leuchtenden Lichtstrahl. Das Modul lässt sich problemlos mit Mikrocontrollern wie den Arduino verbinden [5].
- **Ohmni FlexAdapter:** gehört zum Ohmni Erweiterungsset und gewährleistet die korrekte Stromversorgung (Umwandlung von 5 V auf 3,3 V) von externen Geräten, hier zwischen Arduino und Ohmni Pro [6].
- **3-D gedruckte Plattform:** selbstentwickeltes Bauteil zum Schutz der elektronischen Komponenten und als Halterung am Ohmni Pro.

Abbildung 1 zeigt das Funktionsschema und Abbildung 2 die auf der Plattform fertig montierten Komponenten.

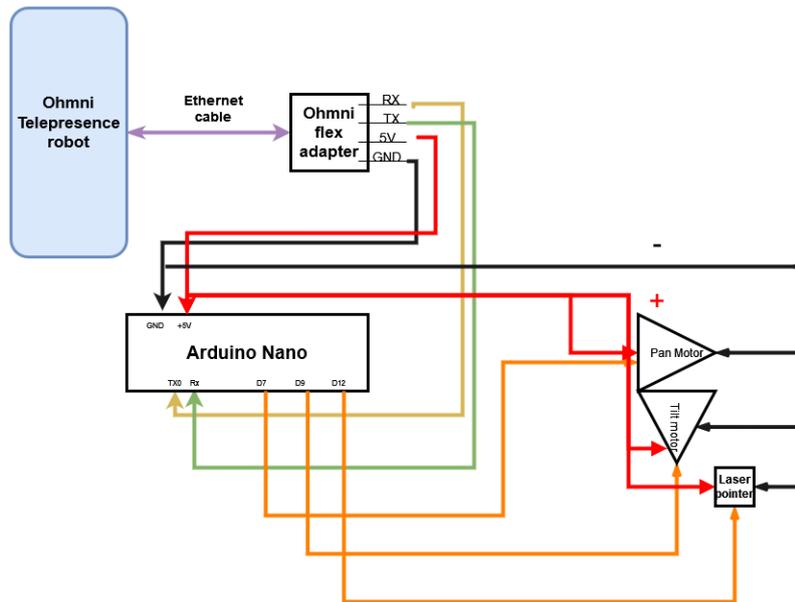


Abbildung 1: Funktionsschema Zeigefunktion

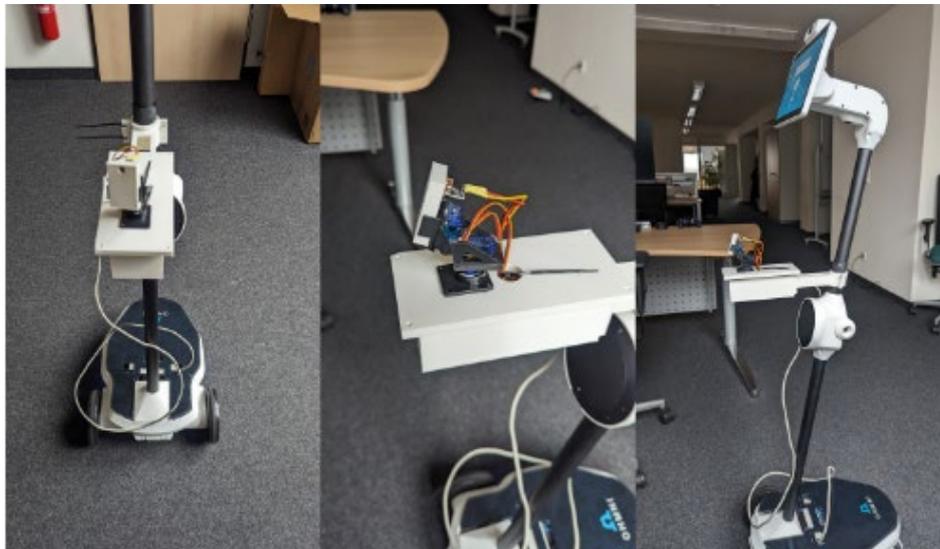


Abbildung 2: Montierte Hardwarekomponenten

Die Ansteuerung des Laserpointers erfolgt über einen in HTML programmierten virtuellen Joystick in Kombination mit einem JavaScript-Plugin. Dies ermöglicht die Übertragung von Positionswerten des virtuellen Joysticks an die Servomotoren. Eine Reset-Funktion erlaubt es, die Position des Laserpointers schnell zurückzusetzen. Abbildung 3 zeigt das User-Interface.

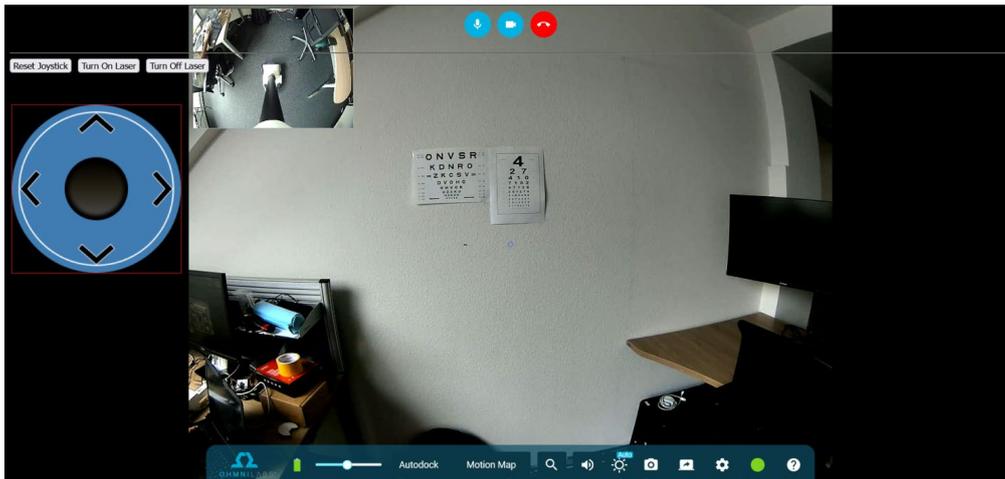


Abbildung 3: User-Interface Zeigefunktion/Joystick

3 Evaluation

Die Zeigefunktion wurde von zehn Probanden, die mit den Grundfunktionen des TPR bereits vertraut waren, getestet. Dazu war der Laserpointer an zwei Orten A und B auf je vier Zielmarken unterschiedlicher Größe und Geometrie zu richten. Die beiden Orte A und B waren unterschiedlich gut belichtet bzw. beleuchtet (Abbildung 4). Die Reihenfolge (Standort A-B oder B-A) wurde jeweils zufällig gewählt. Der Abstand des TPR zu den Zielmarken war für alle Probanden gleich.

Die Präzision der Ausrichtung der Laserpointer wurde anhand der gemessenen Abweichung von der Zielmitte bestimmt. Zusätzlich wurde die Zeit bis zum Abschluss der Zielmarkierung aufgenommen. Die subjektiv empfundene Gebrauchstauglichkeit wurde mit der System Usability Scale (SUS) erhoben [7, 8, 9]. Dieser Fragebogen besteht aus 10 Items und verwendet ein 5-stufige Likert-Skala. Die Bewertungen aller Items werden zu einem Gesamt-Score aggregiert. Die maximal erreichbare Punktzahl beträgt 100 (beste vorstellbare Lösung). Ab 85 Punkte wird von einer ausgezeichneten, ab ca. 70 Punkten von einer akzeptablen Lösung gesprochen.

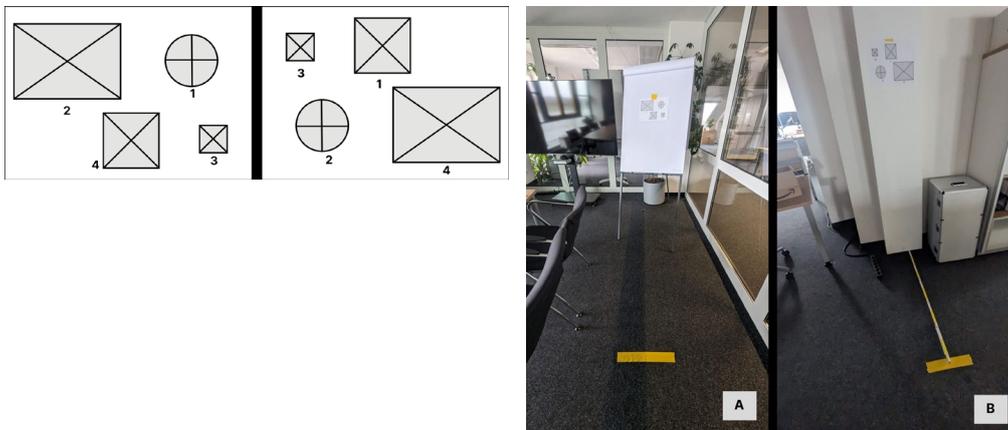


Abbildung 4: Zielmarken und Teststandort A und B

Die Probanden waren alle in der Lage, den Prototypen des Laserpointers zu bedienen. Test erbrachten im Einzelnen folgende Ergebnisse:

Präzision: Die Probanden hatten große Probleme, die Zielmarken genau zu treffen. Die mittlere Abweichung vom Zielmittelpunkt – berechnet für jeden Probanden und jeden Testdurchlauf (Standort A und B) – betrug bis zu knapp 2 Zentimeter. Die Abweichungen waren unabhängig von den Lichtverhältnissen. Auch im jeweils zweiten Testdurchlauf (Standort A oder B) reduzierten sich die Abweichungen vom Zielmittelpunkt kaum. Allerdings verringerte sich – mit offenbar wachsender Vertrautheit mit dem virtuellen Joystick – die Zeit bis zum Abschluss der Zielmarkierung.

Gebrauchstauglichkeit: Die subjektiv wahrgenommene Gebrauchstauglichkeit wurde auf der SUS mit 64,5 Punkte bewertet. Die Lösung ist daher noch nicht akzeptabel.

Lichtverhältnisse: Eine dunklere Umgebung verbessert die Wahrnehmung des Laserpointers, wirkt sich jedoch nicht auf die Präzision aus.

Qualitatives Probanden-Feedback: Die Probanden gaben an, dass die Benutzeroberfläche durchaus intuitiv bedienbar sei, jedoch sensumotorisch Schwierigkeiten bei der Ausrichtung des Laserstrahls mit dem virtuellen Joystick bestehen. Besonders bei sehr hellen Hintergründen – wie im Test bei dem Whiteboard am Standort A – ist das Licht des Laserpointers zudem schlecht zu erkennen.

4 Zusammenfassung und Fazit

Der entwickelte Laserpointer bietet die Möglichkeit, dass Fernanwender eines TPR die Aufmerksamkeit von Lokalanwendern durch eine Zeigefunktion lenken können. Die technische Machbarkeit wurde für den TPR Ohmni nachgewiesen. Bei der Übertragung auf andere TPR sind deren Hard- und Software-schnittstellen sowie verfügbaren Entwicklerumgebungen zu berücksichtigen.

Die im Prototyp aus pragmatischen Gründen gewählte Ansteuerung über einen virtuellen Joystick bedarf jedoch der Weiterentwicklung oder alternativer Lösungen wie einer Point and Click-funktion in der Nutzeroberfläche des Fernanwenders. Weitere Verbesserungspotenziale betreffen die Sichtbarkeit des Pointers bei heller Umgebung und die Latenz des Videostreams.

Die Forschungs- und Entwicklungsarbeit wurde vom Bundesministerium für Bildung und Forschung im Fachprogramm „Zukunft der Wertschöpfung“ und der Fördermaßnahme „Innovative Arbeitswelten im Mittelstand“ im Projekt PraeRI (Förderkennzeichen 02L21B000-4) gefördert und vom Projektträger Karlsruhe (PTKA) betreut. Die Verantwortung für den Inhalt der Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

5 Literaturverzeichnis

- [1] Hernandez, F., Waechter, M., Bullinger, A. C. (2021) A first approach for implementing a telepresence robot in an industrial environment. In Advances in Human Factors and System Interactions: Proceedings of the AHFE 2021 Virtual Conference on Human Factors and Systems Interaction, July 25-29, 2021, USA, pages 141–146. Springer
- [2] Arduino CC. Arduino nano documentation. <https://docs.arduino.cc/hardware/nano/>
- [3] Department of Electrical and electronic Engineering - Imperial College London. Sg90 datasheet by department of electrical and electronic engineering - imperial college London. http://www.ee.ic.ac.uk/pcheung/teaching/DE1_EE/stores/sg90_datasheet.pdf.
- [4] Adafruit. Servo controlled pan and tilt device. <https://www.adafruit.com/product/1967>.
- [5] Arduino. Arduino modules. <https://arduinomodules.info/ky-008-laser-transmitter-module/>.
- [6] Ohmnilabs-Ohmni flexAdapter. Ohmni telepresence robot developer documentation. <https://docs.ohmnilabs.com/developertext/#ohmni-flexadapter>
- [7] Brooke, J. et al. (1996) SUS -a quick and dirty usability scale. Usability evaluation in industry, 189(194):4–7, 1996
- [8] Brooke. J (2013) Sus: a retrospective. Journal of usability studies, 8(2): 29–40, 2013
- [9] Bangor, A., Kortum, P., Miller, J. (2009) Determining what individual sus scores mean: Adding an adjective rating scale. Journal of usability studies, 4(3):114–123

Autoren



Venepally, Rakshith

Rakshith Venepally studierte Maschinenbau in Indien und schloss 2024 sein Masterstudium in Digital Engineering an der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg ab. Seit 2022 arbeitet er bei LS Software & Engineering GmbH mit den Schwerpunkten Visualisierung, Digital Twins und einer Masterarbeit über die Erweiterung eines Telepräsenzroboters.



Hernandez, Francisco

Francisco Hernandez studierte Fahrzeugtechnik in Bogotá (Kolumbien) bevor er sein Masterstudium in Automobilproduktion und -technik an der TU Chemnitz absolvierte. Seit Mai 2019 arbeitet er an der Professur unter dem Cluster Industrial Engineering mit dem Schwerpunkt Industrie 4.0 im Bereich kollaborierende Roboter, Augmented Reality und Tele-Präsenz-Roboter.



Rüffert, Danny

Danny Rüffert studierte Sports Engineering an der Technischen Universität Chemnitz. Seit 2014 arbeitet er als wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Professur Arbeitswissenschaft und Innovationsmanagement im Cluster Industrial Engineering. Seine Aufgaben umfassen die Themenfelder Alterssimulation und Ergonomie sowie die Forschung an Mensch-Maschine-Schnittstellen.