

KI gesteuerte Bewegungsabläufe von Robotern

Marco Hoerrmann

HTWK Leipzig

marco.hoerrmann@stud.htwk-leipzig.de

13.1.2025

Zusammenfassung

Diese Arbeit untersucht den Einfluss künstlicher Intelligenz (KI) auf die Bewegungssteuerung humanoider Roboter. Dabei werden Methoden wie Deep Reinforcement Learning (DRL) betrachtet, um zu analysieren, wie solche Verfahren komplexe Bewegungsabläufe optimieren, adaptive Reaktionen auf wechselnde Bedingungen ermöglichen und ein reibungsloseres Zusammenspiel mit der Umgebung fördern. Die Ergebnisse zeigen, dass der Einsatz KI-basierter Techniken, einschließlich bildverarbeitender Algorithmen in Systemen wie MIRAI, den Rechenaufwand reduzieren und gleichzeitig die Bewegungsgenauigkeit erhöhen kann. Allerdings ist eine weitergehende Erforschung und Einbindung fortschrittlicher KI-gestützter Werkzeuge erforderlich, um diese Methoden vollständig auszuschöpfen.

1 Einführung

Humanoide Roboter setzen zunehmend auf KI, um ihre Bewegungen in dynamischen Umgebungen zu verbessern. Beispielsweise nutzt der Unitree G1 KI-basierte Algorithmen, um seinen Gang und sein Gleichgewicht anzupassen, sodass er unebenes Gelände sicher bewältigen kann [1]. Diese intelligente Bewegungssteuerung ist nicht nur für Industriezweige wie die Logistik relevant, sondern auch für Servicerobotik, in der Roboter im direkten Umfeld von Menschen sicher agieren müssen [2]. Trotz der rasanten Entwicklung wird KI in vielen Robotik-Anwendungen noch eher als Ergänzung denn als Kernkomponente in der Bewegungsplanung betrachtet. Dieses Paper soll aufzeigen, wie verschiedene KI-Methoden, darunter DRL, die Autonomie von Robotern erweitern können. Die Struktur der Arbeit gestaltet sich wie folgt: Abschnitt 2 erläutert wesentliche KI-Methoden für die Bewegungssteuerung, Abschnitt 3 stellt praktische Anwendungsfälle vor, und Abschnitt 4 fasst die Ergebnisse zusammen.

2 Einbettung der Arbeit

Dieser Artikel baut auf grundlegenden Arbeiten im Bereich Robotik und KI auf. Sie reichen von der Bewegungssteuerung bis hin zu hochentwickelten KI-gesteuerten Systemen. Er befasst sich mit dem wachsenden Bedarf an Robotern, die komplexe Aufgaben mit menschenähnlicher Geschicklichkeit und Anpassungsfähigkeit ausführen können, insbesondere in industriellen und medizinischen Anwendungen.

3 Deep Reinforcement Learning

Deep Reinforcement Learning (DRL) ist ein Teilgebiet des maschinellen Lernens, bei dem ein Agent Aufgaben durch Maximierung eines Belohnungssignals erlernt [3]. Auf humanoide Roboter angewandt ermöglicht DRL es ihnen, Körperhaltung, Drehmomentverteilung und Hindernisvermeidung schrittweise zu verbessern, indem sie wiederholt mit der Umgebung interagieren. Durch Versuch und Irrtum verfeinert die KI ihre Kontrollstrategien, ohne dass explizite Programmierung für jeden

möglichen Fall notwendig ist. Ein bekanntes Beispiel ist das Training eines zweibeinigen Roboters, sein Gleichgewicht beim Gehen auf unterschiedlichen Oberflächen zu halten. Das neuronale Netz des Roboters aktualisiert seine Parameter anhand von Rückmeldungen, was ihm eine autonome Anpassung an wechselnde Umgebungsbedingungen ermöglicht.

4 Visionsbasierte Adaption (z.B. MIRAI)

Bei der visionsbasierten Adaption kommen KI-gestützte Bildverarbeitungsmethoden zum Einsatz, damit Roboter dynamisch auf Veränderungen ihrer Umgebung reagieren können. MIRAI ist ein Beispiel für ein System, das tiefe neuronale Netze zur Echtzeitanalyse von Kamerabildern nutzt [4]. Indem es Abweichungen bei Beleuchtung, Hindernissen und anderen Faktoren erkennt, passt der Roboter seine Bewegungsmuster entsprechend an. Solche Echtzeit-Rückkopplungsschleifen sind besonders in Produktionsumgebungen wichtig, in denen sich Beleuchtungs- oder Arbeitsplatzbedingungen häufig ändern. Gegenüber herkömmlichen Robotersystemen verringert die visionsbasierte Adaption den Bedarf an wiederholter Programmierung bei wechselnden Umgebungsfaktoren.

5 Weitere Ansätze

Neben DRL und visionsbasierten Verfahren gewinnen weitere Konzepte wie Predictive Functional Control (PFC) oder hybride KI-Verfahren an Bedeutung. Sie kombinieren klassische Regelalgorithmen mit lernbasierten Modellen, um zukünftige Bewegungsanforderungen vorherzusehen [5]. Obwohl diese Methoden sich noch in der Entwicklung befinden, bieten sie vielversprechende Ansätze, um die Anpassungsfähigkeit und Stabilität humanoider Roboter weiter zu erhöhen.

6 Praktische Anwendungen

KI-gestützte Bewegungssteuerung wird bereits in verschiedenen Branchen eingesetzt. In der medizinischen Robotik können Roboter Patienten beim

Gehen unterstützen oder Rehabilitationsübungen durchführen [6]. In der Lagerautomatisierung helfen humanoide Roboter mit KI-basierten Navigationssystemen bei der effizienten Bestandsverwaltung und Auslieferung von Waren [1].

7 Fazit

Diese Arbeit verdeutlicht die wachsende Bedeutung von KI-Methoden in der Bewegungssteuerung humanoider Roboter. Verfahren wie Deep Reinforcement Learning und visionsbasierte Adaption ermöglichen es Robotern, aus komplexen Szenarien zu lernen und sich an diese anzupassen. Um das volle Potenzial der KI auszuschöpfen, sind jedoch eine tiefere methodische Integration, bessere Quellenverweise, die Einbindung visueller Hilfen sowie ausführlichere empirische Untersuchungen nötig. Damit kann der Weg für widerstandsfähigere, effizientere und intelligentere humanoide Systeme geebnet werden, die den Anforderungen moderner Anwendungen gerecht werden.

8 Quellen:

- [1] Unitree G1 Produktübersicht, "Unitree, Unitree Robotics,-", "2024, <https://www.unitree.com/g1> (Zugriff: 9.01 2025 20:48Uhr)"
- [2] Servicerobotik in der Logistik, "Industry-of-Things, Industry-of-Things,-", "2023, <https://www.industry-of-things.de> (Zugriff: 10.01.2025 18:05Uhr)"
- [3] Reinforcement Learning: An Introduction, MIT Press, Sutton, R. S., Barto, A. G.,-, "2018,-"
- [4] MIRAI: Adaptive Neural Controllers, Microsoft Research, Microsoft Research,-", "2022, <https://www.microsoft.com/en-us/research/project/mirai> (Zugriff: 11.01 2025 19:03Uhr)"
- [5] Model Predictive Control, "Springer, Camacho, E. F., Bordons, C.,-", "2007,-"
- [6] Impairment-based Neurorehabilitation Using Robotic Technology, "IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine, Bd. 29, Nr. 1, S. 58-65, Hogan, N., et al.,-", "2019,-"