



1

1 UR5e bei der Ausführung einer Pick & Place-Aufgabe.

## SELBSTTHEILENDE ROBOTERSYSTEME

### Aktuelle Situation

Mit dem zunehmenden Einsatz von Robotern in der Industrie erfährt unsere Arbeitswelt dramatische Veränderungen. Dabei ist es unerlässlich, dass die Roboter ihre Aufgaben zuverlässig ausführen. Robotersysteme sind jedoch anfällig für verschiedene Fehlerarten. Bei der Programmierung einer Anwendung müssen Programmierer alle möglichen Fehler berücksichtigen, damit sie ein zuverlässiges Programm erzeugen können. Dennoch sind einige Fehler unbekannt oder tauchen unerwartet auf und können nicht automatisch erkannt werden. In solchen Fällen besteht das Standardverfahren darin, die Steuerung sicher herunter zu fahren, aber dies erhöht die Ausfallzeit. Mit unserem effektiven Assistenzwerkzeug und unseren Beratungsdiensten können Sie – den Programmieraufwand reduzieren. Wir bieten ein automatisches Werkzeug zur Erzeugung von Roboterprogrammen und zur automatischen Fehlerbehand-

lung an, um den Programmieraufwand zu minimieren.

- Ihre Overall Equipment Efficiency (OEE) verbessern. Das Werkzeug zur Erzeugung von Roboterprogrammen generiert stabile Roboterprogramme. Das Fehlerbehebungstool überwacht das System, lernt ständig neue Fehler und Wiederherstellungslösungen während der Laufzeit. Dies kann die Leistung Ihres Robotersystems erheblich verbessern und ermöglicht schnelle Fehlerbehebung.

### Unser Ansatz

Das Assistenzwerkzeug für die roboterassistierte Selbstheilung wird in enger Zusammenarbeit mit dem Kunden implementiert und an die Produktionsroboter und die Struktur des Fertigungssystems angepasst. Die von uns durchgeführten Schritte können wie folgt beschrieben werden:

#### Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA

Nobelstraße 12  
70569 Stuttgart

#### Ansprechpartner

Ruichao Wu, M. Sc.  
Telefon +49 711 970-3817  
ruichao.wu@ipa.fraunhofer.de

[www.ipa.fraunhofer.de/robotersysteme](http://www.ipa.fraunhofer.de/robotersysteme)



**Untersuchung, Entwicklung von ROS-basierten fehlertoleranten Anwendungen und schnelle Bereitstellung**

In Workshops mit Roboterexperten des Fraunhofer IPA und Industriekunden werden die Kriterien der Roboteranwendung und gängige Fehler dokumentiert. Basierend auf gegebenen Randbedingungen führt das Fraunhofer IPA eine Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse (FMEA) durch. Unsere Werkzeuge nutzen die aus der FMEA gewonnenen Informationen, um automatisch ROS-basierte, fehlertolerante Anwendungen zu generieren. Das Fraunhofer IPA bietet auch ROS-on-Edge Bereitstellungstechnologien, die den Einsatz von Roboteranwendungen in verschiedene Hardware- und Robotertypen ermöglichen. Anwendungen werden schrittweise eingeführt, so dass sie in Simulationen durch Versionsverwaltung verifiziert werden können. Dies erleichtert auch die Rückkehr in einen funktionsfähigen Zustand.

**Fehlerbehandlungs-Pipeline**

Fehler übernimmt während der Laufzeit die Fehlerbehandlungs-Pipeline des Fraunhofer IPA. Die Pipeline besteht aus einem Fehlerüberwachungsmodul, einem Fehlerdiagnosemodul und einem Wiederherstellungsmodul. Das Modul überwacht kontinuierlich den »Gesundheitszustand« des Roboters und enthält Beobachter, die je nach den zu überwachenden Merkmalen automatisch generiert werden können. Ungewöhnliche Verhaltensmuster werden mit KI-Techniken erkannt, die das Fehlerdia-

gnosesystem auslösen. Der diagnostizierte Fehler wird automatisch behoben.

Während des Betriebs lernt der Roboter kontinuierlich, so dass er neue Fehler erkennen und das Diagnosemodell aktualisieren kann. Zunächst können Roboter mit Hilfe von Menschen geeignete Lösungen für Fehler finden, indem sie die Struktur der Fehlerdiagnose und des Wiederherstellungszuges konkretisieren. Je mehr der Roboter lernt, desto intelligenter wird er. Fehlerdiagnose und -behebung während der Laufzeit werden erreicht durch:

1. eine FMEA der Roboteranwendung, die mögliche Fehler identifiziert
2. kontinuierliche Systemüberwachung
3. Fehlerdiagnose und -behebung während der Laufzeit auf der Grundlage des maschinellen Lernens

Typische Fehler, die mit der Strategie behandelt werden, sind:

1. falsche Parametereinstellungen, z. B. Annäherungsabstand zu einem Objekt
2. Fehler in einem Peripheriegerät, z. B. defekte Kamera
3. Hardware-Fehler, z. B. nicht angeschlossenes Kabel zwischen Greifer und Roboterarm
4. Umgebungseinstellungen, z. B. Intensität des Umgebungslichts, fehlendes Zielobjekt

**Ihre Vorteile**

Der beschriebene Ansatz stellt sicher, dass das Assistenzwerkzeug für die Selbstheilung von Robotern auf kundenspezifische

Anforderungen zugeschnitten und leicht in industrielle Prozesse implementiert werden kann. Die Teile des Roboterprogramms, die sich auf die Fehlerbehandlung beziehen, werden automatisch auf der Grundlage einer FMEA erstellt. Dies reduziert die Einrichtungszeiten, beschleunigt die Inbetriebnahme und ermöglicht es den Kunden, stabile, fehlertolerante Roboterprogramme zu verwenden, ohne Vorkenntnisse über die Programmierung von Fehlerbehandlungsroutinen zu haben. Die Fehlerbehandlungs-Pipeline reduziert die Ausfallzeiten erheblich und erhöht die Maschinenverfügbarkeit, da Roboterfehlerzustände automatisch saniert werden.

**Unsere Dienstleistungen**

Gerne stellen wir Ihnen unsere Werkzeuge zur Erstellung fehlertoleranter Roboterprogramme und zur Behandlung von Software-/Hardwarefehlern zur Verfügung. Darüber hinaus bieten wir unsere Forschungsexpertise im Hinblick auf die Nutzung der Technologie- und Technologietransferprojekte an und beraten für FMEA-Lösungen, die Erstellung zuverlässiger, hochmoderner Roboterprogramme und Fehlerbehandlungslösungen, die auf Ihre spezifische Aufgabe zugeschnitten sind. Bitte kontaktieren Sie uns, um Ihre Anforderungen zu diskutieren.

**2 Auf Behavior Tree basierender Programmablauf für eine Pick & Place-Aufgabe.**