

## SAMY

Semi-Automatische Modifikation von Steuerprogrammen industriell eingesetzter kollaborationsfähiger Robotersysteme

<b>Programm / Ausschreibung</b>	Produktion der Zukunft, Produktion der Zukunft, 32. AS PdZ - Nationale Projekte 2019	<b>Status</b>	abgeschlossen
<b>Projektstart</b>	01.04.2020	<b>Projektende</b>	31.12.2022
<b>Zeitraum</b>	2020 - 2022	<b>Projektlaufzeit</b>	33 Monate
<b>Keywords</b>	Mensch-Roboter-Kollaboration		

### Projektbeschreibung

Kollaborationsfähige Robotersysteme stehen eigentlich für Flexibilität in der Produktion. Kommt es jedoch zu veränderten Marktanforderungen, wie Änderungen am Produkt, der produzierenden Stückzahl oder des wirtschaftlichen Automatisierungsgrades und damit des Personaleinsatzes, müssen Änderungen bzw. Modifikationen am Steuerprogramm dieser Robotersysteme getätigt werden. Diese Modifikationen haben einerseits Einfluss auf die Sicherheits- und Risikobewertung und andererseits auf die Software. Nach heutigem Stand der Technik und Richtlinien muss ein Automatisierungssystem nach jeder Modifikation erneut zertifiziert werden. Zudem ergibt sich durch die Modifikation am Steuerprogramm und der einhergehenden Systemkomplexität aufgrund wechselseitiger Beziehungen zu peripheren Einheiten, ein erhöhtes Fehlerpotential und damit ein erhöhtes Risiko für Stillstände sowie Gefährdungen im laufenden Betrieb. Diese Modifikationen können nur von Fachpersonal durchgeführt werden, was dem Flexibilitätsgedanken widerspricht.

Die fehlende praktikable Flexibilität bei einer marktgetriebenen notwendigen Modifikation kollaborationsfähiger Robotersysteme hemmt nicht nur den industriellen Einsatz, sondern auch den sicheren Betrieb von Mensch-Roboter-Kollaboration. Das Hauptziel von SAMY ist es, den Anwendungsnachweis von deklarativer Programmierung in Kombination mit formaler Verifikation im Rahmen der Programmierung und Modifikation kollaborationsfähiger Robotersysteme zu erbringen. Die deklarative Programmierung mit der Möglichkeit zur formalen Verifikation soll die Erstellung sowie Modifikation von Steuerprogrammen soweit vereinfachen, dass 20 % der österreichischen KMUs aus der diskret produzierenden Industrie vermehrt Roboter als flexibles und sicheres Werkzeug einsetzen können. Durch die Nutzung von deklarativen Beschreibungsformalismen in Kombination mit formalen Verifikationstechniken im Rahmen der Modifikation von Steuerprogrammen industriell eingesetzter kollaborationsfähiger Robotersysteme erreicht SAMY:

- die notwendige Einfachheit, um Steuerprogramme ohne explizite Robotik-Expertise zu modifizieren und damit einen weitreichenderen Einsatz kollaborationsfähiger Robotersysteme zu gewährleisten,
- die notwendige Ganzheitlichkeit, um eine systemische Implementierung von kollaborationsfähigen Robotersystemen durch die integrative Berücksichtigung von peripheren Einheiten und deren Kommunikationsschnittstellen zu gewährleisten,
- die notwendige Flexibilität, um Adaptionen in Abhängigkeit veränderlicher Produkte, Prozesse und Ressourcen einfach und schnell zu gewährleisten, sowie

- die notwendige Robustheit, um die Resilienz sowie Sicherheit gegenüber Modifikationen zu gewährleisten.

Der Innovationsgehalt von SAMY liegt darin, Systemeigenschaften aus Spezifikationen zu extrahieren und diese gegen die Systembeschreibung formal zu verifizieren. Dabei werden basierend auf einer intuitiven Systembeschreibung in Form von Funktionsblöcken, einer regelbasierten Systemspezifikation sowie definierten Systemszenarien, eine deklarative Prozessbeschreibung abgeleitet, sodass sich diese als formales Beschreibungsmodell durch Verifikationstechniken, wie Model Checking und Testing, auf Vollständigkeit verifizieren lässt. Bei formaler Vollständigkeit wird eine imperative Systembeschreibung in Form eines ausführbaren Maschinencodes generiert, der im Rahmen von industriellen Use-Cases in Laborumgebung validiert wird.

Durch den Nachweis der Anwendbarkeit formaler Verifikationstechniken basierend auf deklarativen Prozessbeschreibungen, trägt SAMY dazu bei, zukünftigen Marktanforderungen, wie Produkt- oder Losgrößenvariabilität, im Hinblick auf Individualisierung und Kosten durch eine flexible, für die Zusammenarbeit mit Menschen geeignete, Automatisierungslösung zu begegnen. Aus Perspektive des Hochlohnstandortes Österreich trägt SAMY dazu bei, die Konkurrenzfähigkeit produzierender Unternehmen zu steigern, da die Industrialisierung und Verbreitung des MRK-Konzepts deutlich vergrößert werden kann, wenn die technische Umsetzbarkeit in veränderlichen Umgebungen verbessert, der Implementierungs- und Adaptionaufwand reduziert und vereinfacht, die Sicherheit und Funktionalität trotz Modifikation stets ohne Mehraufwand gewährleistet sowie der rentable Einsatz bei kleineren Losgrößen ermöglicht wird.

## Abstract

Collaborative robot systems stand for flexibility in production. If there are changes in market requirements, such as changes to the product, the number of units produced or the economic degree of automation and thus the deployment of personnel, changes or modifications must be made to the control program of these robot systems. These modifications influence the safety and risk assessment on the one hand and the software on the other. According to the current state of technology and guidelines, an automation system must be recertified after each modification. In addition, the modification of the control program and the associated system complexity due to mutual relationships with peripheral units results in an increased error potential and thus an increased risk of standstills and hazards during operation. Moreover, these modifications can only be carried out by qualified personnel, which contradicts concepts of flexibility.

The lack of practicable flexibility in a necessary market-driven modification of collaborative robot systems not only inhibits industrial use, but also the safe operation of human-robot collaboration. The main goal of SAMY is to provide application proof of declarative programming in combination with formal verification for the programming and modification of collaborative robot systems. Declarative programming with the possibility of formal verification should simplify the creation and modification of control programs to such an extent that 20% of Austrian SMEs from the discrete manufacturing industry can increasingly use robots as a flexible and secure tool. Through the use of declarative description formalisms in combination with formal verification techniques for the modification of control programs for of industrially used collaborative robot systems, SAMY reaches:

- the necessary simplicity to modify control programs without explicit robotics expertise and thus ensure a more extensive use of collaborative robotic systems,
- the necessary holistic approach to ensure a systemic implementation of collaborative robot systems through the integrative consideration of peripheral units and their communication interfaces,
- the necessary flexibility to ensure quick and easy adaptations to changing products, processes and resources; and
- the necessary robustness to ensure resilience and security against modifications.

The innovative potential of SAMY lies in extracting system properties from specifications and formally verifying them against

the system description. Based on an intuitive system description in the form of function blocks, a rule-based system specification and specified system scenarios, a declarative process description is derived, so that it can be verified for completeness as a formal description model through model checking and testing. In the case of formal completeness, an imperative system description is generated in the form of an executable machine code that is validated in industrial use cases in laboratory setting.

By proving the applicability of formal verification techniques based on declarative process descriptions, SAMY contributes to meeting future market requirements, such as product or batch size variability, with regard to individualization and costs through a flexible automation solution suitable for cooperation with people. From the perspective of Austria as a high-wage location, SAMY contributes to increasing the competitiveness of manufacturing companies, since the industrialization and dissemination of the MRK concept can be significantly increased if the technical feasibility in changing environments is improved, the implementation and adaptation effort is reduced and simplified, safety and functionality are always guaranteed without additional effort despite modification, and profitable use in smaller batch sizes is made possible.

## **Endberichtkurzfassung**

Das Forschungsprojekt SAMY beschäftigte sich mit der Frage der semi-automatischen Modifikation von Steuerprogrammen industriell eingesetzter kollaborationsfähiger Robotersysteme. Dabei sollte diese Modifikation ohne explizite Robotik-Expertise erfolgen und auch eine einfach und schnelle Einbindung peripherer Einrichtungen erfolgen. Weiters sollte die Modifikation auch von Personen erfolgen können, welche die Steuerprogramme nicht initial erstellt haben, und der entsprechende Funktions- und Sicherheitsnachweis bei initialer, sowie modifiziertem Status automatisiert verifiziert werden können.

Gelöst wurden diese Ziele im Projekt mit einer Reihe an verschiedenen Umsetzungen. In erster Linie wurde eine deklarative Prozessbeschreibung anstatt der aktuellen code-basierten Lösungen definiert. Der Benutzer sollte somit einen Prozess nur noch mittels Bausteinen beschreiben müssen, sich aber keine Gedanken zum gewählten Roboter und Greifer machen müssen. Diese werden als Plug-Ins ausgewählt und der Code automatisch dafür generiert werden. Diese Bausteine wurden in einem eigens entwickelten BPMN-Editor definiert und programmiert. Im weiteren Schritt wurde eine Übersetzung dieser Bausteine in maschinenlesbaren Code erstellt. Auf der einen Seite um damit gegen vorher definierte Spezifikationen auf Basis der deklarativen Prozessbeschreibung (enthält das Programm formale Fehler – Endlosschleife, etc.) und Prozesseigenschaften (werden zeitliche Abfolgen eingehalten) zu überprüfen. Auf der anderen Seite, um diese Prozesse in die jeweiligen maschinenbefehle umzuwandeln und die Maschinen entsprechend der Beschreibung zeitlich definiert anzusprechen. Die Organisation dessen wird vom entwickelten SAMY-Core durchgeführt und das ansprechend der Maschinen und peripheren Einrichtungen wird über SAMY-Plugins gewährleistet. Ein solches Plugin könnte beispielsweise für einen Roboter und dessen mögliche Fähigkeiten stehen. Auf der anderen Seite könnten aber auch komplexere Fähigkeiten (z.B.: Palettieren nach einem speziellem Algorithmus) programmiert werden, um den Benutzer der BPMN-Prozessbeschreibung weitere Möglichkeiten zu bieten. Bevor der Prozess aber real durchgeführt wird, wird jedoch noch eine simulative Verifikation durchgeführt. Diese wurde ebenfalls in diesem Projekt entwickelt und wird neben der rein formalen Verifikation eingesetzt, um Fehler bezüglich physikalischer Prozesse zu testen. Beispiele wären unter anderem:

ob der Greifer ein Bauteil fallen lässt, da die Greifkraft zu gering gewählt wurde.

ob die Geschwindigkeit des Förderbands zu schnell eingestellt ist und Bauteile umkippen.

ob Kollisionen zwischen dem Roboter mit einem entsprechend handzuhabenden Bauteil und der Umgebung auftreten.

Diese einzelnen SAMY-Komponenten wurden abschließend auf Use-Cases im Laborumfeld getestet und bezüglich der Gebrauchstauglichkeit, Arbeitsbelastung und Akzeptanz von SAMY validiert. Trotz es geringen Reifegrades zeigen die Ergebnisse eine positive Erfahrung im Umgang mit SAMY auf. Gegenüber anwendungsspezifischen Softwarelösungen (getestet wurde Hydra+ auf Basis von omnipack) schließt SAMY natürlich schlechter ab, wobei die breite Anwendungsmöglichkeit in SAMY ein sehr hohes Potential bietet und die Möglichkeiten natürlich vom Ökosystem der SAMY-Plugins abhängen. Beispielsweise könnte ein omnipack Plugin für das Palettieren programmiert werden, mit welchem SAMY in einem speziellen Anwendungsgebiet natürlich am Stand der Technik agieren würde.

Durch diese Reduzierung des Programmieraufwandes und Reduzierung von Spezialisten wurde ein Schritt zur einfacheren Cobot-Integration geschaffen. Außerdem werden die Fehlerzustände trotz fehlendem Expertenwissen reduziert, indem die erzeugten Prozessbeschreibungen und abgeleiteten Programmcodes entsprechend der Spezifikationen formal und simulativ verifiziert und getestet werden. Damit kann bei gesunkener Komplexität in der Modifikation der Steuerungsprogramme eine gleichbleibende bzw. steigende Qualität gewährleistet werden.

## **Projektkoordinator**

- Fraunhofer Austria Research GmbH

## **Projektpartner**

- Franz Josef Mayer Gesellschaft m.b.H.
- JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH
- HENKEL CENTRAL EASTERN EUROPE OPERATIONS GESELLSCHAFT MBH
- TDK Electronics GmbH & Co OG
- Eberle Automatische Systeme GmbH & Co KG
- Fachhochschule Technikum Wien
- SSI Schäfer Automation GmbH