

Development of an Intuition Based Programming System for Collaborative Robots in Industrial Environments

Market demands and competitive pressures require innovation and adaptation from the modern automotive industry. While globalization opens up more differentiated customer groups, market saturation makes the fight for customers harder. Additionally, the adoption of the whole spectrum of Industry 4.0 introduces potentials on the one hand, but on the other hand also forces every player to understand, adopt and implement information and communication technologies at an accelerating pace.

This work explores the current supply of high level information technologies like object detection with convolutional neural networks or big data analytics for irregularity recognition. Even major production companies face difficulties in implementing these technologies. Therefore a concept is proposed to introduce them into production by utilizing skill based programming for sensitive light weight robots.

Skill based programming uses abstraction layers to divide the work of a robot programmer and a shop floor worker in such a way that the programmer generates universal, selfasserting and extractable elements, which the unskilled worker can utilize to teach a cooperative robot to do production tasks. With that, the programmer can concentrate on the complicated intrinsics of his element, while the shop floor worker can use his knowledge of the production to perform implementation, operation and service. This work extends the idea of skill based programming onto high level information technologies. The goal is to empower the worker, programmer and engineer to introduce new technologies into car production resistance free and effortless.

Five scenarios are proposed and solved using different technologies under this concept. Conservative robot configuration limits are resolved by using a trial and error algorithm. This makes collaborative robots behave more flexible in teaching situations with humans. To give workers the ability to teach robots precise, linear trajectories, advanced feature extraction techniques are applied. The robot is given the ability to improve trajectories by itself through reinforcement learning. The fourth scenario requires the detection of objects in camera images. Easy and almost completely automated training of convolutional neural networks provides a solution to this problem. And lastly, big data analytics is used to build a universal early warning system for process errors. Under all scenarios the usability and flexibility of the implementations are paramount.

The technologies are integrated into two smart production assistants, collaborative robots developed for working with and being programmed by shop floor workers in Mercedes Benz car production facilities. They are tested and evaluated for their usefulness and how well they conform to the required flexibility and complexity and also how well they distribute competencies in the various stages of their development and operation.

Entwicklung eines intuitionsbasierten Systems zur Programmierung kollaborativer Roboter im industriellen Umfeld

Marktanforderungen und Wettbewerbsdruck erfordern von der modernen Automobilindustrie Innovation und Anpassung. Während die Globalisierung differenzierte Kundengruppen eröffnet, erschwert die Marktsättigung den Kampf um selbige. Zusätzlich bringt die Umsetzung der Industrie 4.0 zwar einerseits Potenziale mit sich, zwingt aber andererseits jeden Konzern Informations- und Kommunikationstechnologie schneller anzunehmen und umzusetzen.

Diese Arbeit widmet sich dem aktuellen Angebot an fortschrittlichen Informations- und Kommunikationstechnologien wie beispielsweise Objekterkennung mit Neuronalen Netzwerken oder Big Data Analysen zur Identifizierung von Ausreißern. Selbst große Produzenten haben Schwierigkeiten, diese Technologien effektiv einzuführen. Das vorgeschlagene Konzept zielt darauf ab, skillbasiertes Programmieren dazu zu nutzen, diese Technologien über Leichtbauroboter in die Produktionsstätten zu bringen.

Skillbasierte Programmierung verwendet die Abkapselung von Arbeitsbereichen, um diese gerade so auf den Roboterprogrammierer und den Werker aufzuteilen, dass der Programmierer allgemeine, selbsterklärende und extrahierbare Elemente generiert, mit denen der ungelernte Arbeiter einem kooperativen Roboter beibringen kann, in der Produktion Aufgaben zu erledigen. Dabei kann sich der Programmierer auf die komplizierten Sachverhalte der Informatik konzentrieren, während der Werker sein Wissen über die Produktion bei der Implementierung, dem Betrieb und der Instandhaltung nutzt. Die Arbeit erweitert die Idee des skillbasierten Programmierens auf fortgeschrittene Informationstechnologien. Das Ziel ist es Arbeiter, Programmierer und Ingenieure in die Lage zu versetzen, neue Technologien ohne übermäßigen Aufwand in die Produktion von Kraftfahrzeugen einzuführen. Im Rahmen dieses Konzepts werden fünf Szenarien vorgestellt und mit unterschiedlichen Technologien gelöst. Konservative Beschränkungen von Roboterkonfigurationen werden durch die Verwendung einer Trial-and-Error-Methode geöffnet. Dadurch werden kollaborative Roboter flexibler im Umgang mit dem Menschen während Inbetriebnahmesituationen. Um Arbeitern die Möglichkeit zu geben, Robotern präzise, geradlinige Bahnen beizubringen, werden Ansätze aus der Merkmalerkennung angewendet. Dem Roboter wird außerdem die Möglichkeit gegeben, seine Trajektorie selbst zu optimieren, indem er maschinelles Lernen einsetzt. Das vierte Szenario erfordert die Erkennung von Objekten auf Kamerabildern. Ein einfaches und fast vollständig automatisiertes Training von neuronalen Netzen bietet eine Lösung für dieses Problem. Schließlich wird mithilfe einer Big-Data-Analyse ein universelles Frühwarnsystem für Prozessfehler entwickelt. In allen Szenarien stehen Benutzerfreundlichkeit und Flexibilität der Anwendungen im Vordergrund. Die Technologien werden in zwei smarte Produktionsassistenten integriert, kollaborative Roboter, die für die Zusammenarbeit mit Werkern in Mercedes Benz Produktionsstätten entwickelt worden sind. Die einzelnen Anwendungen werden auf ihre Nützlichkeit geprüft und danach bewertet, wie gut sie der erforderlichen Flexibilität und Komplexität entsprechen und wie gut sie die Kompetenzverteilung in den verschiedenen Phasen ihrer Entwicklung und ihres Betriebs erledigen.