



PRESSEMELDUNG

Teamwork

Kamerasystem ermöglicht sichere Mensch/Roboter-Kooperation

Industrieroboter sind schnell, stark, ausdauernd und positionsgenau. Der Mensch dagegen ist unerreicht geschickt bei komplizierten Handhabungsarbeiten und kann sehr flexibel auf ungeplante Situationen reagieren. Die Kombination der Stärken beider verspricht eine große Produktivitätssteigerung. Dennoch sind Roboter und Mensch heutzutage durch Schutzeinrichtungen voneinander getrennt. Hohes Gefahrenpotential und fehlende Sicherheitsstrategien sind der Grund hierfür. An der Universität Bayreuth wird ein System entwickelt, welches den Roboter befähigt bewegliche Hindernisse und damit auch den Mensch in seiner Arbeitsumgebung zu erkennen und durch geeignete Maßnahmen wie Geschwindigkeitsanpassung eine sichere Zusammenarbeit zu gewährleisten.

Während heutzutage in der Industrie Roboter angehalten werden, sobald ein Mensch die durch Zäune verriegelte Roboter-Arbeitszelle betritt, bringen in Zukunft neue Sicherheitsstrategien Mensch und Roboter zusammen ohne teure Stillstände zu verursachen.

An der Universität Bayreuth wird am Lehrstuhl *Robotik und Eingebettete Systeme*, unter Leitung von Herrn Prof. Dr. Henrich, im Rahmen eines von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) geförderten Projektes zur Erforschung solcher Sicherheitsstrategien unter anderem ein System entwickelt, welches mittels kamerabasierter Arbeitsraumüberwachung des Roboters bewegliche Hindernisse sowohl erkennen, als auch den räumlichen Abstand zu diesen bestimmen kann. Weiter wird dieser Abstand genutzt, um die Geschwindigkeit des Roboters nahezu stufenlos zu regeln. Je näher sich ein Hindernis, beispielsweise ein Mensch, am Roboter befindet, desto geringer ist die Bewegungsgeschwindigkeit des Roboters. Folglich können keine Kollisionen seitens des Roboters verursacht werden und die Sicherheit des Menschen ist gewährleistet. Zudem hat die Methode der Geschwindigkeitsregelung gegenüber einem schnellen Halt den Vorteil, dass die Aufmerksamkeit des Menschen von der eigentlichen Aufgabe nicht abgelenkt wird.

Hinderniserkennung, Distanzberechnung, Fusion und Geschwindigkeitsregelung

Das Verfahren am Lehrstuhl *Robotik und Eingebettete Systeme* verwendet an unterschiedlichen Positionen am Rand des Roboterarbeitsraums angebrachte Kameras. Die exakte Information über Position und Orientierung jeder Kamera ist Voraussetzung für die Funktionsfähigkeit des Systems und wird in einem Kalibrierungsschritt ermittelt.

Im Betrieb liefert jede Kamera Bilder des aktuellen Arbeitsraums, welche mit anfangs



aufgenommenen Bildern des leeren Arbeitsraums verglichen und dann als klassifizierte Bilder an ein zentrales Computersystem über Netzwerk geschickt werden. Die Klassifikation enthält einerseits die beweglichen Hindernisse wie auch den Roboter selbst, andererseits die hindernisfreien Räume. Da sowohl die Gelenkwinkel als auch die Geometrie des Roboters zu jedem Zeitpunkt bekannt sind, können mit der Information über Position und Orientierung jeder Kamera die vom Roboter erzeugten Hindernisbereiche ausgeblendet werden. Die unterschiedlichen Kamerasichten auf den Arbeitsraum ermöglichen mithilfe der Epipolargeometrie eine Rekonstruktion der durch den Roboter verdeckten und somit ausgeblendeten Teile der beweglichen Hindernisse.

Damit eine Geschwindigkeitsanpassung in Abhängigkeit zur kürzesten Distanz zwischen Roboter und beweglichen Hindernissen stattfinden kann, wird in einem ersten Schritt die kürzeste Distanz in jeder einzelnen Kamera berechnet und in einem zweiten Schritt alle diese Distanzen zu einer einzigen, genaueren fusioniert.

Da Roboterkonfiguration und -geometrie zu jedem Zeitpunkt bekannt sind, kann eine Distanzberechnung innerhalb einer einzelnen Kamera mit einem komplizierten Algorithmus durchgeführt werden. Dazu wird ein Robotermodell verwendet, welches sich um beliebige Radien expandieren lässt. Dieses Robotermodell wird mit unterschiedlichen Expansionsradien in die Klassifikationsbilder jeder Kamerasicht projiziert. Die minimale Distanz innerhalb eines einzelnen Kamerabildes ist der Wert des größten Expansionsradius, bei dem es zwischen projiziertem expandiertem Robotermodell und als Hindernis klassifizierten Bildbereichen zu keiner Überschneidung kommt.

Mit der Überlegung, in wie vielen Kameras ein Objekt durch den Roboter verdeckt sein kann, lässt sich der tatsächlich kürzeste Abstand zwischen Roboter und beweglichen Hindernissen zu einer konservativen Abschätzung fusionieren.

Die so errechnete Distanz wird schließlich zur Robotersteuerung gesendet und zur Regelung der aktuellen Robotergeschwindigkeit verwendet. Hierfür eignet sich besonders die Skalierung der originären Robotergeschwindigkeit gegenüber einer Limitierung.

Die beschriebene Methode zur Geschwindigkeitsregelung lässt sich nicht nur bei freien Roboterbewegungen einsetzen sondern auch dann, wenn der Mensch den Roboter „an die Hand nimmt“ und führt, indem zusätzlich neben dem Roboter auch noch ein Berührungsbereich für den Mensch im Klassifikationsbild ausgeblendet wird.

Mittels hoch optimierter Algorithmen lassen sich mehrere Abstandsberechnungen innerhalb weniger Millisekunden auf einem aktuellen handelsüblichen Computersystem durchführen.



Fazit

Es werden bewegliche Hindernisse im Arbeitsraum des Roboters erkannt, ohne dass diese in irgendeiner Form vorher bekannt oder gar modelliert sein müssen. Die Erkennung von Hindernissen und die Berechnung von Abständen kommt völlig ohne die Lösung des Korrespondenzproblems aus. Basierend auf dem Abstand wird die Geschwindigkeit des Roboters angepasst. Dadurch wird die Mischung der Arbeitsräume von Mensch und Roboter und somit eine Kooperation möglich. Im Gegensatz zu anderen Sicherheitssystemen wird nicht mit eingeschränkter Rauminformation (2½D-Information), sondern mit 3D-Information gearbeitet. Desweiteren ist der überwachte Schutzraum nicht starr im Raum festgelegt, sondern an den Roboter gebunden und bewegt sich mit ihm. Das System besteht aus Standardhardware, wie PCs, Firewire-Kameras und üblicher Netzwerkhardware und ist damit sehr kostengünstig.

Weitere Informationen unter: <http://ai3.inf.uni-bayreuth.de/projects/simero>

Frei verwendbare Bilder: <http://ai3.inf.uni-bayreuth.de/presse>