

Montage am kontinuierlich bewegten Band

Sensorkonfiguration und Programmierung

**F. Lange, B. Willberg, P. Meusel, J. Langwald, S. Jörg,
M. Frommberger, G. Hirzinger**

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Weßling

J. Werner

Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften, TU München, Augsburg

Kurzfassung

Durch Industrieroboter ausgeführte Montageaufgaben im Bereich von Förderbändern erfordern die laufende Erfassung der Lage und der Bewegung des Basisbauteils. Dazu werden sowohl berührungslos messende als auch nachgiebige Sensoren für den Kontaktfall benötigt. Für große Kräfte oder Momente erfordert dies einen besonderen Aufbau. Die Programmierung erfolgt am stehenden Band. Dabei werden automatisch Objekte definiert, deren Relativlage zum Roboter bei der späteren Programmausführung durch die Sensorik geregelt werden soll.

1. Einleitung

Montageaufgaben durch Industrieroboter werden normalerweise im Stillstand ausgeführt. Das bedeutet beim Arbeiten an einem Förderband, dass das transportierte Basisbauteil vor dem Montageplatz aus dem Fließbetrieb ausgetaktet und später wieder eingetaktet werden muss. Eine förderbandsynchrone Automatisierung kombiniert die hohe und reproduzierbare Qualität der automatisierten Montage mit der Flexibilität und dem Platzbedarf der manuellen Fließmontage.

Die Realisierung einer automatisierten Montage an einem kontinuierlich bewegten Objekt erfordert:

- die Erfassung der Geschwindigkeit und der Lage des Basisbauteils beim Teach-In von Punkten,
- den Ausgleich von durch die Regelung entstehenden Zeitversätzen, welche eine bleibende Regelabweichung bewirken können und
- die Vorhersage der Pose des Basisbauteils, welche aufgrund von Störgrößen in allen 6 Freiheitsgraden von der Soll-Pose abweicht.

Ein robuster Montagevorgang benötigt daher sowohl die Erfassung der Bewegung des von der Fördereinrichtung bewegten Basisbauteils als auch die des vom Roboter geführten Anbauteils. Während letztere durch die roboterinterne Positionserfassung üblicher Industrieroboter mit ausreichender Genauigkeit erfolgt, ist für die Verfolgung des Basisbauteils zusätzliche Sensorik erforderlich.

Die meisten Robotersteuerungen bieten Funktionalitäten zur synchronen Bewegung mit einer Fördereinrichtung an (conveyor tracking). Diese Verfahren erlauben jedoch nur eine Nachführung in Förderrichtung. Weitere unsichere Lagefreiheitsgrade des Basisbauteils werden nicht erfasst. Außerdem ist die Bestimmung der Lage relativ ungenau, da die Messung an der Fördereinrichtung und nicht am gewünschten Kontaktpunkt erfolgt. Somit können Schwingungen innerhalb des Basisbauteils oder Kalibrierungsfehler durch Unsicherheiten in der Befestigung des Basisbauteils nicht ausgeglichen werden.

Beispiele von Montageaufgaben, für deren Bearbeitung während der Bewegung Bedarf besteht, gibt es insbesondere im Bereich der Automobil-Endmontage, z. B. beim Anbau von Rädern (Bild 1). Dabei wird der Roboter auf einer parallel zum Förderband aufgebauten Linearachse geführt.



Bild 1: links: Gesamtansicht mit einem auf einer Linearachse montierten KUKA-Roboter und einer durch eine Elektrohängebahn transportierten Karosserie;
rechts: Detailansicht des Endeffektors mit nachgiebigem Kraft-Momentensensor

2. Sensorkonfiguration

Zur Ermittlung der Lage des Basisbauteils werden unabhängig von der jeweiligen Montageaufgabe je nach Montagephase unterschiedliche Sensoren benötigt:

2.1 Sensoren zur groben Lageerfassung

Zur groben Lageinformation sind Sensoren erforderlich, die erfassen, wann ein Basisbauteil den Montagebereich erreicht hat und eine genauere Lagebestimmung durch andere Sensoren möglich ist. Dazu können die zum Conveyor Tracking vorgesehenen Sensoren eingesetzt werden, z. B. ein Encoder an der Fördereinrichtung für den Aufbau nach Bild 1. Alternativ wäre ein Laser-Abstandsmesser, eine Lichtschranke o. ä. möglich. Prinzipiell reicht die Erfassung der Förderkomponente.

2.2 Berührungslos messende Sensoren

Während der Annäherungsphase des Anbauteils an das Basisbauteil erfolgt die Lagebestimmung berührungslos, z. B. durch ein Bildverarbeitungssystem. Besonders vorteilhaft ist eine vom Roboter geführte Kamera, da in dem Fall eine verdeckungsfreie Anordnung in der Nähe des bewegten Montageortes gewählt werden kann.

2.3 Nachgiebige taktile Sensorik

In der auf die Annäherungsphase folgenden Kontaktphase ist sowohl passive Nachgiebigkeit als auch Sensorik nötig. Eine zwischen Roboterflansch und Werkzeug eingebaute Nachgiebigkeit mildert einen durch Mess-Ungenauigkeiten oder Regelfehler verursachten ruckartigen Kontakt und gleicht hochfrequente Störungen der Fördereinrichtung aus. Zusätzlich ist die Messung der Kontaktkräfte und -momente nötig, um die Auslenkung der Nachgiebigkeit durch Nachführung des Roboters zu begrenzen.

Da nachgiebige Sensoren nur für kleine Kräfte und Momente kommerziell verfügbar sind, wurde eine skalierbare Anordnung konstruiert (Bild 2), die bei Verwendung eines verfügbaren Sensors (SCHUNK) als Messzelle durch außen angebrachte zusätzliche Federelemente je nach Steifigkeit und Abstand auch für große Kräfte und Momente ausgelegt werden kann. Dies ist erforderlich, da das Werkzeug neben dem Greifer für das Anbauteil auch noch die Befestigungswerkzeuge enthält und daher meist recht schwer ist (etwa 120 kg bei der Anordnung nach Bild 1).

Die Konstruktion beinhaltet außerdem

- Anschläge, um einer Zerstörung der Messzelle vorzubeugen,
- eine einstellbare Vorspannung zum Ausgleich von Gravitationskräften,
- Elastomer-Elemente (innerhalb der Messzelle) zur Dämpfung von Schwingungen,
- eine doppelte Messzelle zur Verdopplung des Messbereichs auf ± 2 mm bzw. $\pm 2^\circ$,

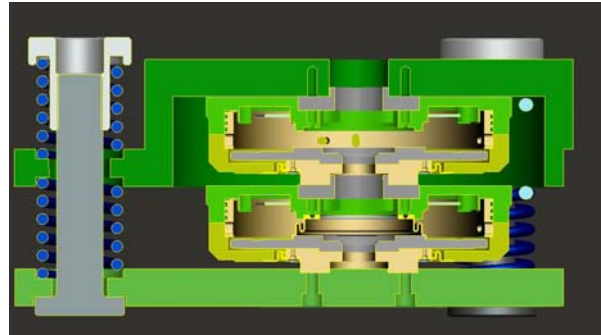


Bild 2: Kraft- Momentensensor für große Kräfte und Momente (Exo-Compliance)

3. Programmierung der Montageaufgabe

Die Programmierung von Montageaufgaben an bewegte Objekte unter Verwendung der vorgestellten Anordnung unterscheidet sich von anderen Roboterprogrammen. So hat es sich als praktisch erwiesen, wenn sie zunächst am still stehenden Band erfolgt. Die Förderbewegung wird dann nach dem Teach-In ergänzt. Zusätzlich ist eine Ablaufsteuerung erforderlich, in der beispielsweise definiert ist, welche Teile der Bahn am bewegten Objekt erfolgen und welche die ortsinvariante Aufnahme von Teilen betreffen. Außerdem beschreibt die Ablaufsteuerung, welche Lagekomponenten sensorgestützt korrigiert werden dürfen, sowie grundsätzlich wann welche Sensoren aktiv sind und in welcher Betriebsart. Dazu sind auch Parameter wie z. B. Sollwerte vorgebar.

4. Ergebnisse

Realisiert wurde der Anbau von Rädern an eine durch eine Elektrohängebahn mit nominell 100 mm/s transportierte Karosse (Bild 1). Dabei umfasst die Aufgabe sowohl die Aufnahme von Schrauben und Rädern als auch das Fügen des Rades an die Radnabe und die Verschraubung. Die Kontaktkräfte und -momente bleiben während der gesamten Ausführung gering. Die durch sie bedingten Auslenkungen des Sensors liegen fast immer unterhalb von 1 mm bzw. 3 mrad.

5. Zusammenfassung

Der Beitrag zeigt, dass durch Fusion von unterschiedlicher Sensorik eine zuverlässige und robuste Montage auch bei bewegten Objekten möglich ist. Die gezeigte Realisierung einer Radmontage an bewegte Fahrzeuge ist beispielhaft für solche Montagevorgänge. Daher können die gemachten Aussagen auch auf andere Aufgaben übertragen werden.