

Virtuelle Roboter Programmierung: Konzept und Prototypische Implementierung (Erweiterter Abstrakt)

Björn KAHL, Dominik HENRICH

Robotik und eingebettete Systeme (RESY)
Universität Bayreuth, D-95444 Bayreuth, Deutschland
E-Mail: [Dominik.Henrich|Bjoern.Kahl] @uni-bayreuth.de,
HTTP: //ai3.inf.uni-bayreuth.de/

Abstrakt

Ein wesentliches Problem der heutigen automatischen Fertigung ist die Handhabung von flexiblen Objekten mit fest programmierten Industrierobotern. Flexible Objekte können sich unter Einfluß von Kontakt- und Gravitationskräften verformen, so daß aus einer programmierten Greiferposition nicht sicher auf Position und Orientierung anderer Objektpunkte geschlossen werden kann. Zur Lösung des Problems schlagen wir eine Ziel- statt positionsorientierte Aufgabenbeschreibung vor, die durch eine Aufgabedemonstration in virtueller Realität programmiert werden kann. Das dabei entstehende Skill-basierte Roboterprogramm kann dann sensorüberwacht von normalen Industrierobotern ausgeführt werden.

Keywords: virtual robot programming, programming by demonstration, deformable linear objects, task description

1. Einleitung

Während das Problem der automatischen Handhabung und Montage von starren Objekten seit einiger Zeit gelöst ist, gibt es bisher kaum allgemein einsetzbare Ansätze zur automatischen Handhabung von flexiblen Objekten. Ein wesentlicher Grund ist, daß die gängigen Programmierverfahren für Industrieroboter, (sei es die textuelle Programmierung, das „Teach-In“ oder die graphische Programmierung in kommerziellen Robotersimulationssystemen) strikt positionsorientiert sind. Dabei fährt der Roboter eine vorgegebene Folge von Bahnpunkten mit sehr hoher Präzision ab, und das eigentliche Ziel der Montage ist völlig außerhalb der Betrachtung. Zur Handhabung von starren Objekten, bei denen durch Angabe von

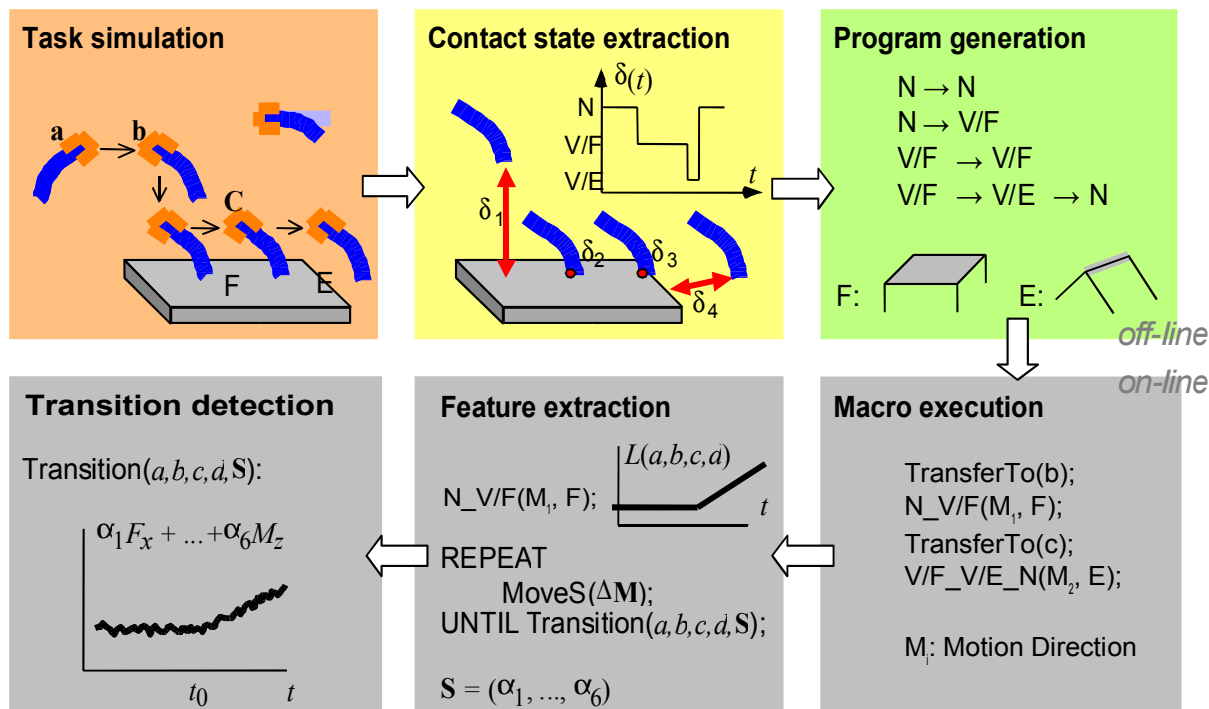


Abbildung 1: ViRoP-Gesamtübersicht aus Offline- und Onlinephase

Eine in der Tasksimulation über „Virtual-reality“-Techniken vorgeführte Montageaufgabe wird in eine Sequenz aus elementaren, kontaktzustandsbasierten Handlungsprimitiven zerlegt. Aus den Handlungsprimitiven wird ein Roboterprogramm abgeleitet, welches dann sensorgestützt ausgeführt wird.

Position und Orientierung eines Objektpunktes alle anderen Punkte eindeutig bestimmt sind, ist dies vollkommen ausreichend. Ist diese eindeutige Bestimmbarkeit aller Objektpunkte durch Angabe von Position und Orientierung eines Objektpunktes nicht gegeben (wie bei flexiblen Objekten der Fall), so reicht die Vorgabe einer exakten Trajektorie für den Greifer eines Industrieroboters nicht mehr aus, um eine gewünschte Montageoperation, z.B. das Einführen eines Kabels in eine Bohrung, zu programmieren. Wird statt einer festen Trajektorie der Zielzustand („Kabelende steckt in Loch“) als eine Folge sensorüberwachter einfacher Änderungen der Kontaktsituation [Schlechter02] zwischen Werkstück und Umwelt spezifiziert, so können auch flexible Objekte gehandhabt werden.

Ein weiterer Vorteil einer solchen, aufgabenorientierten „virtuellen Roboterprogrammierung“ (ViRoP), ist ihre einfache und im Vergleich mit der textuellen Programmierung sehr intuitive Erlernbarkeit.

2. Systemübersicht

Unser Gesamtsystem „ViRoP“ besteht aus einer Offline- und einer Online-Phase, entsprechend der oberen bzw. unteren Hälfte in Abbildung 1. In der Online-Phase, die hier nicht weiter diskutiert werden soll, wird ein in der Offline-Phase erstelltes Roboterprogramm, bestehend aus normalen Transfer- und Manipulationsbefehlen sowie aus den sensorüberwachten „Manipulation-Skills“, welche den zielorientierten Teil der Aufgabenbeschreibung repräsentieren, ausgeführt. [RESY01]

In der Offline-Phase (wie in Abbildung 2 im Überblick dargestellt) wird die zu programmierende Aufgabe zunächst von einem Benutzer dem System vorgeführt. Dazu führt dieser die Handhabungsaufgabe über ein geeignetes 3D-Eingabegerät in der virtuellen Realität des ViRoP-Systems aus. Diese Vorführung der Aufgabe wird vom System durch die übliche optische Darstellung und zusätzlich durch Rückmeldung der Kontaktkräfte zwischen Umgebung und gerade manipuliertem Werkstück unterstützt. Damit ist eine intuitive Eingabe der Aufgabe unter Nutzung des Seh- und Tastsinns möglich, nicht unähnlich einem Hantieren mit realen Elementen

Das System „beobachtet“ eine solche Vorführung und extrahiert in mehreren Schritten zunächst einen kontinuierlichen Abstandsverlauf zwischen Werkstück und Umweltobjekten, eine Menge von Kontaktpunkten und Kontaktpunktänderungen und schließlich eine die Aufgabe formal beschreibende Folge von Kontaktzustandsübergängen, in Abbildung 2 „Transitions“ genannt. Diese Übergänge werden dann weiter gefiltert und auf Plausibilität überprüft (gegebenen Falles unter Rückgriff auf den Benutzer) und mit den geometrischen Daten des Umweltmodells in ein ausführbares Roboterprogramm übersetzt.

3. Prototyp

Der aktuelle Prototyp [Bonnermann02] ist in C++ unter Verwendung der QT-GUI-Bibliothek, einer OpenGL-Darstellung und eines „Phantom-Desktop“ 6DOF Eingabegerätes mit Krafrückkopplung der Firma Sensable realisiert. Die derzeitige Implementierung erlaubt sowohl die Manipulation und Darstellung deformierbarer

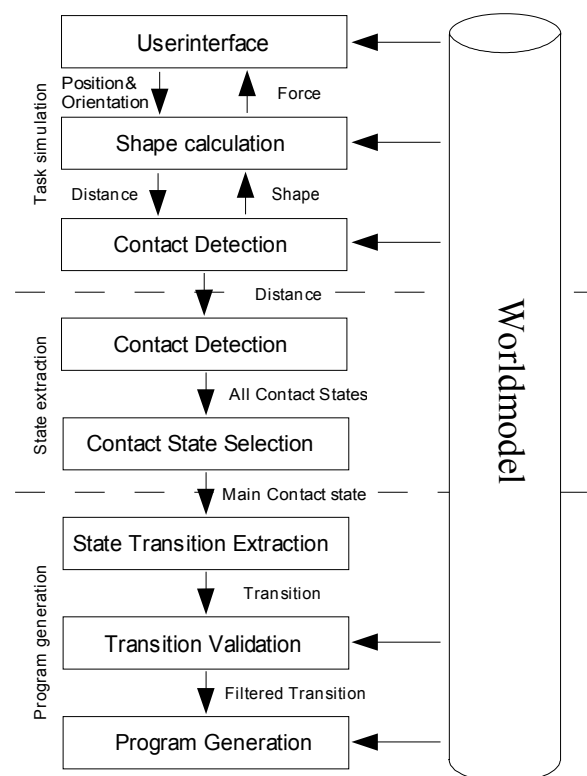


Abbildung 2: Offline-Datenfluß im ViRoP-System.

Eine Montageaufgabe wird in der Virtuellen Realität eingegeben und vom System analysiert. Aus den geometrischen Abständen und Kontakten wird eine kontaktzustandsbasierte formale Aufgabenbeschreibung extrahiert.

als auch starrer Werkstücke. Derzeit erfolgt noch keine vollständige Erzeugung eines ausführbaren Programms, sondern das System gibt die Liste der Zustandsübergänge („Filtered Transitions“ in Abbildung 2) zusammen mit weiteren Teilen der zur Programmgenerierung nötigen Daten aus.

Referenzen

- [Bonnermann02] Bonnermann J.: "Virtuelle Roboter-Programmierung: Entwurf eines Prototypen mit haptischem Eingabegerät". Diplomarbeit, Fachbereich Informatik, Universität Kaiserslautern, 2002
- [Remde99] Remde A., Henrich D., Wörn H.: "Manipulating deformable linear objects – Contact state transitions and transition conditions". In: IEEE/RSJ Int. Conf. on Intelligent Robots and Systems (IROS'99), Kyongju, Korea, October 17 - 21, 1999.
- [Schlechter02] Schlechter A., Henrich D.: "Handhabung deformierbarer linearer Objekte – Programmierung mit verschiedenen Manipulation-Skills". In: VDI-Berichte 1670 – Tagungsband Robotik 2002, Ludwigsburg, 19.-20. Juni 2002
- [RESY01] Henrich D., Schlechter A., Schmidt T., Yue S.: "Complete manipulation task of a leaf spring". AVI-File (MPG4 encoded), http://ai3.inf.uni-bayreuth.de/projects/rodeo/files/manipulation_task_315.avi, 2001