



Doctoral Thesis

Adaptive visual control for microrobots

Author(s):

Pappas, Ion

Publication Date:

1998

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-002005227> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Diss. ETH No. 12775

Adaptive Visual Control for Microrobots

Dissertation submitted to the
Swiss Federal Institute of Technology
ETH Zürich
for the degree of
Doctor of Technical Sciences presented by

Ion Pappas
Ingénieur Diplômé en Microtechnique, EPFL
born 21 June, 1970
citizen of Greece

presented to
Prof. Dr. G. Schweitzer, examiner
Prof. Dr. R. Siegwart, co-examiner

Zürich, 1998

Abstract

This monograph summarizes the most important aspects, results and conclusions of the author's doctoral project on "Adaptive Visual Control of Microrobots" which was carried out at the Institute of Robotics of the ETH Zürich in the period 1994-1998. While micro-machining technologies are reaching an age of maturity, there is an increasing demand to develop robust control strategies for microrobots which will open the way to automatic assembly and production of complex three-dimensional micro-systems in large scales. The use of stereo microscopic vision for the control of microrobots carries with it the advantage that the "relation" between the current and desired manipulator- or object-position can be measured directly with high resolution in 6 DOF, in a large working space with a relatively fast rate. Visual feedback enables us to work in an a-priori unknown and varying environment since the positions of the relevant objects can be derived from the image data. Adaptive control is needed to compensate for the unknown or uncertain parameters in the models of the robot kinematics and microscopic optics. The central part of this thesis discusses the developed control algorithms and presents the most important experimental results obtained from their implementation on a multi-degree-of-freedom and high-resolution nanorobot prototype. The main experimental result consists in the demonstration of a relative positioning accuracy in the submicron range for up to five degrees of freedom. Thanks to their adaptivity the control algorithms are quite universal and can be applied to almost any robot or camera configuration. Finally, an extensive discussion of the limitations and possible improvements of the current system is also included.

Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit fasst die wichtigsten Aspekte, Resultate und Schlussfolgerungen der Doktorarbeit des Autors über "Bildgeführte Regelung von Mikrorobotern" zusammen.

Die grossen Fortschritte der letzten Jahre auf dem Gebiet der Mikrofabrikation erlauben heute die Herstellung einer grossen Vielfalt von Mikroobjekten. Dabei besteht ein zunehmendes Bedürfnis, diese Mikroobjekte zu komplexeren Mikrosystemen in einer automatischen Art und Weise zusammenzubauen.

In diesem Zusammenhang stellte sich als Aufgabe dieser Arbeit, Regelverfahren für Mikroroboter zu entwickeln. Dabei war das Hauptziel, Mikroobjekte robust und automatisch im 3-dimensionalen Raum manipulieren zu können.

Als Sensor für die Regelung wurde ein Stereolichtmikroskop benutzt, welches die drei-dimensionale Positionen der Mikroobjekte und der Roboterspitze und ihre relativen räumlichen Beziehungen mit hoher Auflösung und in allen 6 Freiheitsgraden messen kann.

Für die Regelung wurden adaptive Regelstrukturen benutzt, weil die genauen kinematischen und optischen Parameter die das System beschreiben unbekannt sind und weil diese zeitlicher Veränderungen unterlegen sind. Der Hauptteil der vorliegenden Arbeit beschreibt die entwickelten Regelalgorithmen und präsentiert die wichtigsten Resultate, die durch die Implementierung dieser Algorithmen auf dem Prototypen eines Mikroroboters erreicht wurden. Das zentrale experimentelle Resultat besteht in der Demonstration einer relativen Positioniergenauigkeit im sub-mikrometer Bereich in fünf Freiheitsgraden. Schliesslich werden die Grenzen und Verbesserungsmöglichkeiten des entwickelten Systems ausführlich diskutiert.