



Doctoral Thesis

Visually servoing wireless magnetic intraocular microrobots

Author(s):

Bergeles, Christos

Publication Date:

2011

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-006407088> →

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. 19572

Visually Servoing Wireless Magnetic Intraocular Microrobots

A dissertation submitted to

ETH ZURICH

for the degree of

Doctor of Sciences

presented by

CHRISTOS BERGELES

Dipl.-Ing, National Technical University of Athens

March 21, 1984

citizen of the Hellenic Republic

accepted on the recommendation of

Prof. Bradley J. Nelson, ETH Zurich, examiner,
Prof. Gregory Hager, Johns Hopkins University, co-examiner

2011

Abstract

Robotic systems that can undertake surgical tasks, provide assistance to the clinicians, and augment their capabilities are rapidly being developed. One of the common research areas for surgical robotics is ophthalmology. Ophthalmic procedures require increased dexterity and delicate motions in order to avert any damage caused to the visual receptors. Moreover, drug delivery for ophthalmology presents additional challenges and limitations, since the ideal pathway consists of placing the drug at the pathological location, which is not easily accessible.

Recently, magnetic microrobotic approaches to assist the clinicians have been introduced. The microrobots can perform procedures like retinal vein cannulation, drug delivery, and oxygen sensing. However, precise control of magnetic devices requires position information, both for calculating the electromagnetic field, and for servoing the device itself.

This thesis aims at developing new localization methods for intraocular devices, and at testing the feasibility of intraocular interventions using microrobots. First, we examine the effect of the human-eye optics in image formation, and we develop a focus-based localization algorithm. We additionally develop a method to estimate the position of rigid bodies without requiring focus information. We evaluate the performance of the proposed algorithms with experiments in human-like eye models, and we use them in servoing experiments. Additionally, we experiment with microrobots in synthesized vitreous humors and in cadaver porcine eyes in order to evaluate the devices' capability to move in the interior of the human eye without requiring a vitrectomy. Finally, we present methods to track microdevices using statistical color and shape information.

Zusammenfassung

Robotische, adaptive Systeme zur Durchführung von Operationen und zur Unterstützung des ausführenden Arztes unterlagen im letzten Jahrzehnt einer rapiden Entwicklung. Für viele Operationen werden diese System heute standardmässig eingesetzt.

Eines der typischen Gebiete für chirurgische Robotik ist die Ophthalmologie. Ophthalmologische Behandlungen erfordern ausserordentliche Geschicklichkeit und präzise Motorik um Verletzungen der visuellen Rezeptoren auszuschliessen. Eine weitere Herausforderung stellt das gezielte Verabreichen von Wirkstoffen, direkt an, zum Teil schwer zugänglichen, Krankheitsherden dar.

Minimal-invasive Ansätze zur Unterstützung von Ärzten durch magnetische Mikroroboter wurden erst kürzlich vorgestellt. Diese Mikroroboter sollen Prozeduren wie die Retinal Vein Cannulation, lokale Wirkstoffabgaben und Sauerstoffmessungen durchführen. Die präzise Kontrolle dieser Mikroroboter erfordert jedoch exakte Positionsinformationen. Einerseits für die Berechnung des erforderlichen elektromagnetischen Feldes für die Bewegungsausführung und andererseits für die automatische Steuerung des Instrumentes selbst.

Das Ziel dieser Dissertation ist es neue Lokalisierungsmethoden für intraokulare Instrumente zu entwickeln, sowie Machbarkeitsstudien für intraokulare Eingriffe mit Hilfe von Mikrorobotern zu erstellen. Zuerst werden die Effekte der Optik des menschlichen Auges auf die Bildgebung untersucht und ein fokus-basierter Lokisierungsalgorithmus entwickelt. Zusätzlich wird eine Methode zur Bestimmung der Position eines starren Körpers ohne die Verwendung von Fokusinformationen entwickelt. Die Leistungsfähigkeit der vorgeschlagenen Methoden wird mit Experimenten an Modellen des menschlichen Auges evaluiert. Ebenso wurden die Algorithmen zur automatischen Positionskontrolle eingesetzt. Zusätzlich wird die Bewegungsfähigkeit der Mikroroboter im menschlichen Auge ohne den Einsatz einer Vitrek-

tomie anhand von Experimenten im synthetischen Glaskörper und in Augen von Schweinekadavern evaluiert. Abschliessend werden Tracking-Methoden, beruhend auf statistischer Farb- und Forminformationen, für eine dynamische Robotersteuerung vorgestellt.