

Abstract (deutsch):

In dieser Arbeit wird ein kamerabasiertes, chirurgisches Navigationssystem mit einer Lokalisierung auf Basis der Gesichtsoberflächenstruktur entwickelt und evaluiert. Die Messtechnik des Systems bildet eine am chirurgischen Instrument montierte HD-Kamera. Die Minimierung des Hardware-Aufwands und die Verlagerung der Technologie auf Software-Ebene führt zu einer vereinfachten Handhabbarkeit und intuitiven Anwendung. Die Herausforderung der Arbeit ist die bildbasierte Bestimmung der Instrumentenlage aus einem Kamera-Livestream mit einem merkmalsbasierten Ansatz, ohne künstliche Marker zu nutzen. Um die Anforderungen an die Robustheit und Genauigkeit unter den schwierigen Lichtverhältnissen und den homogenen und strukturarmen Oberflächen zu erfüllen, werden neue kamerabasierte Verfahren zur Kartenerstellung, Registrierung und Lokalisierung entwickelt und intelligent kombiniert. Insbesondere zeichnen sich hier neue Algorithmen zur 3D-Rekonstruktion mit einer 2D-Matrixkamera, ein skalierungsabhängiges Registrierungsverfahren auf Basis von Tiefenkarten und ein merkmalsbasiertes Lokalisationsverfahren besonders aus. Im Rahmen des Systemdesigns werden die Soft- und Hardware-Komponenten für die Benutzerinteraktion entworfen und entwickelt, um den Einsatz im Operationssaal zu gewährleisten. Die Technologie wird im Rahmen eines Funktionsprototypen für die HNO-Chirurgie unter klinischen Bedingungen evaluiert und getestet. Die mittlere quadratische Abweichung des Systems variiert je nach Lichtverhältnissen zwischen 2,4 mm und 6,4 mm. Die Arbeit zeigt die Umsetzungsmöglichkeiten und Grenzen für kamerabasierte Messtechnik im medizintechnischen Kontext. Die kamerabasierte Navigation kann, sofern die Beleuchtungseinflüsse kontrolliert werden, herkömmliche Systeme ersetzen.

Abstract (englisch):

In this thesis, a camera-based, surgical navigation system with a localization based on the facial surface structure is developed and evaluated. The measuring technique of the system is a HD camera mounted on the surgical instrument. The minimization of the hardware effort and the shift of the technology to software level leads to a simplified manageability and intuitive application. The challenge of the work is the image-based determination of the instrument position from a camera livestream with a feature-based approach, without using artificial markers. In order to meet the robustness and accuracy requirements under the difficult lighting conditions and the homogeneous and structureless surfaces, new camera-based methods for mapping, registration and localization are developed and smartly combined. In particular, new algorithms for 3D reconstruction with a 2D matrix camera, a scale-dependent registration procedure based on depth maps and a feature-based localization procedure are developed and implemented. Within the system design the software and hardware components for user interaction are designed and developed to ensure application in the operating room. The technology is evaluated and tested in a functional prototype for ear, nose and throat surgery under clinical conditions. The mean square deviation of the system varies between 2.4 mm and 6.4 mm depending on lighting conditions. The work shows the possibilities and limits for camera-based measurement technology in the context of medical technology. Provided that the lighting influences are controlled, the camera-based navigation can replace conventional systems.