

**6. Workshop
Automatisierungstechnische
Verfahren für die Medizin vom
24.-25. März 2006 in Rostock-
Warnemünde**



„Blickgesteuerte Kopfkamera“

Klaus Bartl, Erich Schneider, Stanislavs Bardins, Guido Boening, Thomas Dera, Thomas Brandt
Ludwig-Maximilians-Universität München, Klinikum Großhadern, München, Deutschland
E-Mail: kbartl@nefo.med.uni-muenchen.de

Band: Abstracts der Vorträge des 6. Workshops der Automed 2006
Editors: T. Ellerbrock
ISBN: 3-86009-296-0
Pages: 64-65

Blickgesteuerte Kopfkamera

Klaus Bartl, Erich Schneider, Stanislavs Bardins,
Guido Boening, Thomas Dera, Thomas Brandt
Ludwig-Maximilians-Universität München
Klinikum Großhadern
81377 München

kbartl@nefo.med.uni-muenchen.de



Abb. 1: Prototyp einer blickgesteuerten Kopfkamera mit 3-Achs-Bewegungssteuerung.

EINLEITUNG

Auf dem Kopf montierte, tragbare Kameras bieten eine Vielzahl von Einsatzmöglichkeiten im medizinischen und wissenschaftlichen Bereich und bei Profi- oder Amateurfilmern. Durch Einsatz einer kopfgebundenen Kamera bleibt das Blickfeld des Trägers erhalten, die Bewegungsfreiheit wird kaum eingeschränkt. Ein natürliches Handeln ist somit möglich.

Ständige Bewegungen des Kopfes führen jedoch zu schlechter Bildqualität, wenn das Kamerasystem nicht im Raum stabilisiert wird. Zur Bildstabilisierung kann man die Kopfbewegungen mit einem Inertialsensor messen und ein bewegliches Kamerasystem kompensierend ansteuern. Dieses Verfahren wird bei sogenannten „Steadycams“ angewendet. Da sich die Augen jedoch ständig relativ zum Kopf bewegen, wird auch eine derart stabilisierte kopffeste Kamera nicht das Blickfeld des Benutzers nachbilden.

Eine Kopfkamera, die sich beständig an der Blickrichtung des Trägers ausrichtet, kann diese Nachteile umgehen. Die biologische Blickstabilisierung, der vestibulo-okuläre Reflex (VOR) sorgt bei Bewegungen des Kopfes durch kompensierende Augenbewegungen für ein raumstabiles retinales Bild.

Überträgt man nun die Kompensationsbewegungen des Auges auf eine bewegliche Kamera, wird das Kamerabild ebenso stabilisiert. Ein biologischer Sensor (Labyrinth im Innenohr) steuert ein technisches System! Gleichzeitig wird die ausgeklügelte, evolutionär entstandene Bildführung verwendet. Augenfolgebewegungen werden zu Kameraschwenks, Blicksprünge zu Szenewechseln.

DIE KOPFKAMERA

Ein Prototyp einer blickgesteuerten Kopfkamera, die sich um 3 Achsen bewegen lässt, ist in Abbildung 1 zu sehen. Ihre möglichen Einsatzgebiete sind vielfältig. Medizinische Eingriffe können zu Lehr- und Dokumentationszwecken aufgezeichnet werden. Untersuchungen zu Marketingzwecken können Aufschluss über den Aufmerksamkeitsfokus liefern. Mögliche Anwendungen ergeben sich auch in der neurophysiologischen und psychologischen Forschung und für Dokumentar-, Amateur- oder Hobbyfilmer.

Ein erster Anwendungstest untersuchte die Brauchbarkeit der Kamera zur Dokumentation von medizinischen Operationen (Abbildung 2) [Brandt2006, Schneider2005].

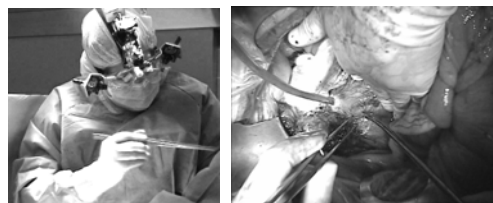


Abb. 2: Chirurg mit blickgesteuerter Kopfkamera (links) und eine Szene aus seiner Perspektive (rechts)

ANFORDERUNGEN AN DAS SYSTEM

Um eine ausreichende Bildstabilisierung mit Hilfe des VOR erreichen zu können, muss der kinematische und dynamische Umfang von Augenbewegungen möglichst gut abgebildet werden [Leigh1999]. Die Gesamt-Totzeit muss ausreichend klein sein, als Anhaltspunkt dient die Latenzzeit des VOR von 10 ms. Eine Bewegungssteuerung in 3 Freiheitsgraden sollte

Positionen von $\pm 30^\circ$ mit Winkelgeschwindigkeiten von $500^\circ/\text{s}$ und Winkelbeschleunigungen von $5000^\circ/\text{s}^2$ anfahren können. Durch geringes Gewicht der Einzelkomponenten, unkomplizierte Verkabelung und möglichst wenig eingeschränkten Rundumblick sollte ein gut tragbares und mobil zu betreibendes System erstellt werden.

KOMPONENTEN

Die Kamera besteht aus den Hauptkomponenten:

- Leichte Kopfhalterung
- Video-Okulographie
- Tragbarer Computer
- Ansteuerungselektronik
- Kamera-Bewegungsmechanik

Die Kopfhalterung besteht aus einem gebogenen Federstahlband, welches auf dem Kopf aufsitzt. Ein darunterliegendes Textilband verteilt das Gewicht gleichmäßig auf den Kopf. Am Kopfband ist eine Video-Okulographie-Brille (VOG) zur Detektion der Pupillenposition befestigt. Die Details dieses Systems sind in [Boening2006] und in [Dera2006] beschrieben. Um einen zufriedenstellenden mobilen Betrieb des Gesamtsystems zu gewährleisten, muss das VOG-System in Echtzeit und mit geringer Totzeit Pupillenpositionen liefern, robust auch bei unterschiedlichen Lichtverhältnissen arbeiten und unanfällig gegenüber einem Verrutschen der Brille sein.

Die Kopfkamera wird an einem Standard-Laptop betrieben, die Stromversorgung erfolgt vollständig aus dem Laptop-Akku.

Die Bewegungssteuerung der Kamera [Wagner2006] erfolgt über eine 3-Achs-Mechanik wie in Abbildung 3 ersichtlich. Schnelle, leichte und präzise Servomotoren, wie sie für den Modellbau erhältlich sind, dienen der Ansteuerung. Mit einer Maximalgeschwindigkeit von $1000^\circ/\text{s}$ erreichen sie die Dynamik des menschlichen Auges.

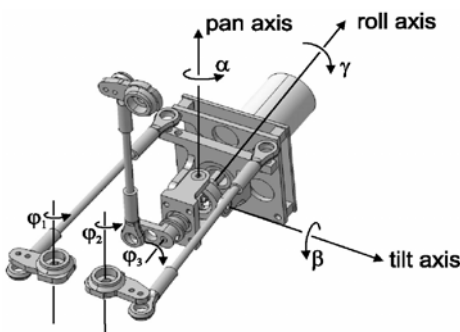


Abb. 3: Die 3D-Bewegungssteuerung

Eine auf der Kopfhalterung montierte Elektronik dient als Stromversorgung und zur Ansteuerung der Servomotoren. Sie ist optimiert, um eine geringe Totzeit des Gesamtsystems zu ermöglichen.

Zur Detektion der Augenpositionen wurden schnelle digitale IEEE1394 Kameras eingesetzt. Hohe Bildfrequenzen und das schnelle digitale

Übertragungsprotokoll garantieren geringe Verzögerungszeiten.

ERGEBNISSE

Eine Gesamt-Totzeit von 36ms und eine Auflösung der Bewegungssteuerung von 0.09° nähert die Eigenschaften des Systems denen natürlicher Augenbewegungen an. Das Kamerabild kann unter Ausnutzung des vestibulo-okulären Reflexes stabilisiert werden.

Der Kamera-Demonstrator wurde erfolgreich im OP-Umfeld getestet. Dokumentation und Filmaufnahmen zu Lehrzwecken sind somit möglich.

DANKSAGUNG

Die Forschungsarbeiten werden gefördert von der Bayerischen Forschungstiftung (FORBIAS) und der DFG (GL342/1-1)

LITERATURHINWEISE

[Boening2006]

Guido Boening, Erich Schneider, Klaus Bartl, Stanislavs Bardins, Thomas Dera, David Wittmann, Thomas Brandt, „Ein mobiles 3D Video – Okulografiesystem“, 6. Automed-Workshop, Rostock, 2006.

[Brandt2006]

T. Brandt, S. Glasauer, E. Schneider, „A third eye for the surgeon.“ J Neurol Neurosurg Psychiatry, vol. 77, no. 2, pp. 278, Feb 2006.

[Dera2006]

T. Dera, G. Boening, S. Bardins, E. Schneider, T. Brandt, „Low latency video tracking of horizontal, vertical, and torsional eye movements as a basis for 3dof realtime motion control of a head-mounted camera,” Proceedings of the IEEE Conference on Systems, Man and Cybernetics, Taipei, Taiwan, 2006, submitted.

[Leigh1999]

R. J. Leigh, D. S. Zee, „The neurology of eye movements“, Oxford University Press, New York, Oxford, 1999.

[Schneider2006]

E. Schneider, K. Bartl, T. Dera, G. Boening, and T. Brandt, „Gaze-aligned head-mounted camera with pan, tilt and roll motion control for medical documentation and teaching applications,” Proceedings of the IEEE Conference on Systems, Man and Cybernetics, Taipei, Taiwan, 2006, submitted.

[Wagner2006]

P. Wagner, K. Bartl, H. Ulbrich, W. Guentner, E. Schneider, „A pivotable head mounted camera system that is aligned by threedimensional eye movements,” ETRA 2006, Eye Tracking Research & Application, San Diego CA, March 27-29 2006, San Diego CA, 2006.