

HYBRIDES OPTISCHES NYSTAGMOGRAPHIE-SYSTEM

L. Herrmann¹, R. Schüler², T. Gablenz²

¹Fachbereich Medizintechnik, FH Jena, Deutschland

²BioMed Jena GmbH, Deutschland

lutz.herrmann@fh-jena.de

Abstract—Für die Messung von Augenbewegungen werden eye-tracking-Systeme verwendet, die auf magnetischen, elektrischen oder optischen Verfahren basieren.

Zu den optischen Verfahren zählen limbus-tracker und Videookulographie (VOG). Die Idee für das beschriebene System besteht darin, die Vorteile von limbus-tracker (einfach, sehr schnell, MRT-kompatibel) und VOG (genau, gut optimierbar, gut validierbar) zu kombinieren. Zu diesem Zweck wird eine Sensorfusion mit Hilfe künstlicher neuronaler Netze durchgeführt.

Optisch-mechanische Konstruktion und reale Messergebnisse einschließlich der erreichbaren Messgeschwindigkeiten werden beschrieben.

Keywords— eye-tracking, limbus-tracker, sensor fusion, multi layer perceptron

Einleitung

Videobasierte eyetracker nutzen oft die segmentierte Pupille zur Messung translatorischer Augenbewegungen. Übliche Video-Standards limitieren dabei die erreichbare zeitliche Auflösung auf 50 bzw. 60 Meßwertpaare pro Sekunde.

Für die Messung von Nystagmen oder sakkadischer Augenbewegungen ist es jedoch sinnvoll, schnellere Meßverfahren einzusetzen. Wesentlich höhere Abtastraten ermöglichen limbus-tracker. Hierbei wird unter IR-Beleuchtung der Übergang von der Iris zur Sklera detektiert. Da limbus-tracker nicht an Video-Standards gebunden sind, lassen sich zeitliche Auflösungen von > 1000 Meßwertpaaren pro Sekunde erreichen [1]. Durch die Kombination beider eyetracker entsteht ein Verfahren, das die Vorteile beider technischer Lösungen besitzt.

Materialien und Methoden

Für die Realisierung einer robusten Pupillenerkennung im Videobild (Abb. 1) wurden verschiedene Ansätze untersucht. Als qualitativ ausreichend und echtzeitfähig haben sich hierbei die Verfahren mit MSE- Ellipsenfit erwiesen [2].

Abb. 2 zeigt das Blockschaltbild des realisierten limbus-trackers. Durch Verwendung einer gepulsten IR-Beleuchtung (SFH 485, 40kHz) in Kombination mit einem lock-in-Verstärker wird eine gute Unterdrückung von Fremdlicht erreicht. Die verwendeten Photosensoren (TSL 1406R) besitzen bei der Wellenlänge der Beleuchtung (880nm) eine ausreichende Empfindlichkeit.

Bei der Registrierung der Augenbewegung treten Artefakte durch Lidschlüsse, Blinzeln und weitere, externe Störungen auf. Die Artefakte müssen vor der Weiterverarbeitung im Signal markiert und u.U. entfernt werden. Für die Erkennung der Artefakte wurde ein dreischichtiges neuronales Netz (multi layer perceptron –MLP) verwendet [5].

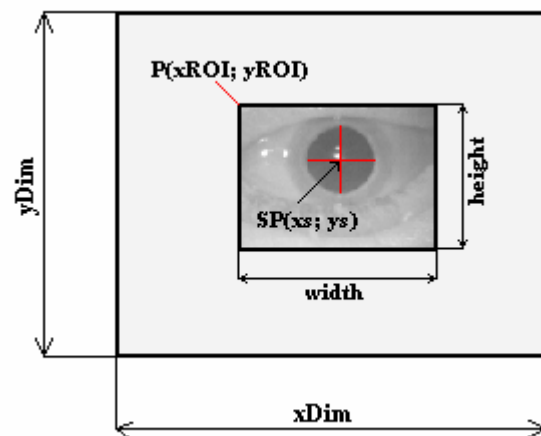


Abbildung 1: Bildausschnitt mit markierter Pupille im Videokanal

Die Verwendung eines MLP als Klassifikator hat den Vorteil, dass sich das System durch Nachbelehrung auch an andere Artefakte anpassen lässt [4]. Nachdem die gestörten Abschnitte im Signal erkannt wurden,

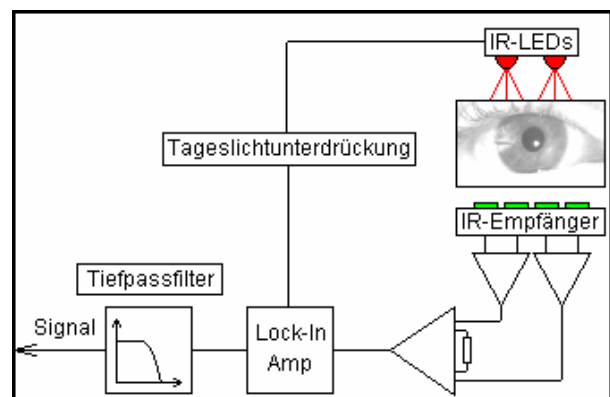


Abbildung 2: Blockschaltbild des limbus trackers

können die Fehlstellen durch geeignete Schätzungen ersetzt werden. Man vermeidet so Verzerrungen in der Zeitbasis des betreffenden Versuches.

Die Signalschätzung verwendet ein autoregressives Modell (ARM). Das ARM wird durch Werte vor und hinter der Störstelle parametrisiert und im Anschluss daran werden die Störstellen neu berechnet [4].



Abbildung 3: realisiertes headset (1 Kamera, 2 hot-mirrors, 3 IR-Sender, 4 IR-Empfänger)

In Abb. 3 ist die mechanische Lösung der Intergration beider Verfahren dargestellt. Die verschiebbare Anordnung des limbus-trackers (3, 4) ermöglicht eine optimale Einstellung für verschiedene anatomische Gegebenheiten. Das Signal vom limbus-tracker wird wahlweise mit 12 oder 16 bit bei 2kHz abgetastet (NI 6014, LabView).

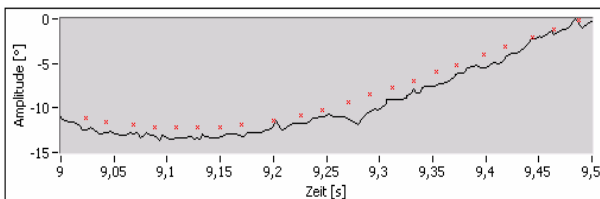


Abbildung 4 Überlagerung der Meßwerte vom limbus-tracker (durchgehende Linie) und VOG (diskrete Punkte)

In Abb. 4 ist die Überlagerung der Meßwerte beider Verfahren dargestellt. Die Kalibrierung der limbus-tracker-Daten erfolgte durch ein dreischichtiges MLP.

Als Eingangsdaten waren hierbei normierte Signale des limbus-trackers und als Trainingsziele Meßwerte aus der VOG verwendet. Die Fusion der Meßsignale gelingt allerdings auch mit einfacheren Verfahren (z.B. lineare Regression).

Ergebnisse

Video-basierte eyetracker sind auch mit Abtastraten weit oberhalb üblicher Video-Normen realisierbar [6]. Neben den hierbei ansteigenden Kosten für Bildsensoren und Echtzeit-Verarbeitung werden wegen der kürzeren Integrationszeiten hohe Lichtmengen benötigt, die bestehende Grenzwerte [3] schnell überschreiten.

Das beschriebene Verfahren erlaubt die Fusion video-basierter und limbus-tracker Daten bis >1000 Meßwertpaar-

re pro Sekunde. Dabei gehen die Vorteile des Video-Verfahrens, insbesondere die gute Validierbarkeit, nicht verloren. Die bekannte Anfälligkeit des limbus trackers gegenüber Artefakten wird eliminiert.

Insgesamt stellt das beschriebene System eine interessante Alternative zu Hochgeschwindigkeits-Video-Verfahren dar.

Literatur

- [1] H. Kimmig et al.: MR-Eyetracker: a new method for eye movement recording in functional magnetic resonance imaging, *Exp Brain Res* 126, pp.443-449, Berlin, Heidelberg, New York: Springer, 1999
- [2] P. Schüler: Untersuchung von Methoden für einen optimalen Pupillenfit, Diplomarbeit, FSU Jena, 2003
- [3] DIN EN 60825-1:1994+A11:1996, Sicherheit von Laser-Einrichtungen, Berlin 1997
- [4] L. Herrmann, R. Schüler: Artefakterkennung und Signalrekonstruktion im Pupillogramm, *Medizinische Technik* 45, pp.90-92, 2000
- [5] L. Herrmann, U. Rienäcker: Verbesserung von Lernverhalten und Diskriminationsleistung neuronaler Netze bei der Mustererkennung in Biosignalen, *Medizinische Technik* 37, pp. 69-72, 1992
- [6] A.H. Clarke et al.: High image rate eye movement measurement. A novel approach using CMOS sensors and dedicated FPGA devices. In: T. Lehmann (Ed.) *Bildverarbeitung in der Medizin*, Berlin, New York: Springer, 2000