

Forschungsergebnisse

Optische 3D-Sensorsysteme für mobile Anwendungen

der Baden-Württemberg Stiftung gGmbH

Energie-effiziente 3D Sensorik für autonome Roboter

A. Faulhaber, T. Haist, W. Osten, A. Herkommer, S. Reichelt
 Institut für Technische Optik, Universität Stuttgart
 Y. Baroud, S. Simon
 Institut für Parallele und Verteilte Systeme, Universität Stuttgart



Motivation

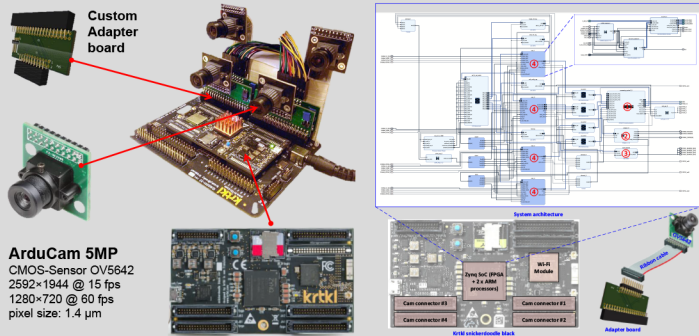
- Schnelle, energie-effiziente Rundumsicht mit 3D Erfassung der Umgebung bei Service-Robotern
- Multi-Kamera Stereo - Multi-Laser-Projektion
- Energie-effiziente FPGA-Hardware Architektur

Konzept

- 360° Panorama Rundumsicht mit Multi-Kameras (10+) und 3D Tiefenbestimmung (Stereovision)
- Multi-Kameras für aktive sparse Laserspots um Genauigkeit zu verbessern
- Aktive Projektion: Laserpunkt-Vervielfältigung durch Diffraktives Element und Weitwinkel-Optik
- FPGA-Hardware zur Echtzeit Bilddatenkompression und drahtloser Datentransfer an Hostserver für die weitere Bildverarbeitung

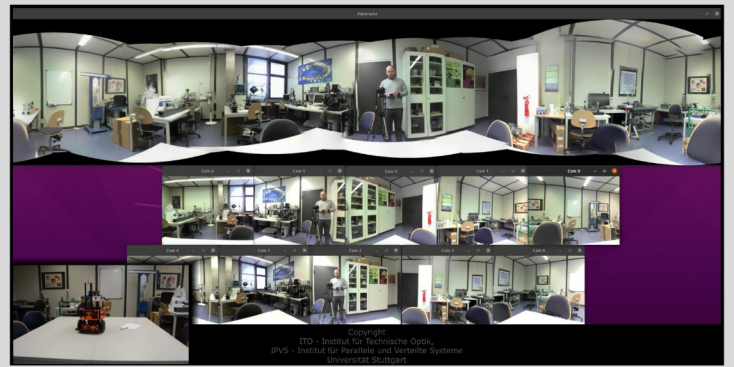
Systemaufbau

- 5 FPGA-Boards (Xilinx Zynq-7020)
- 18 kompakte Kameras (Arducam 5MP) mit S-Mount
- Datenrate >1.5Gbit/s (18 cams, 1MP frames @10fps)



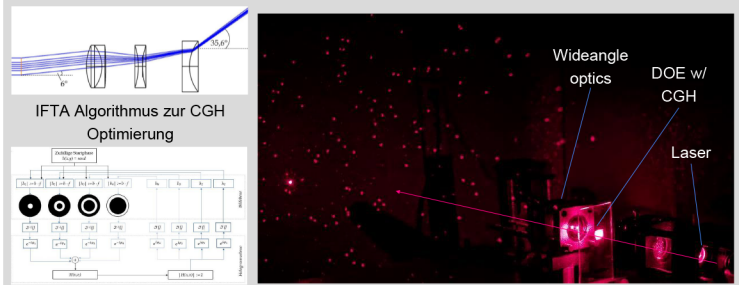
Multi-Stereokameras

- 10 Kameras für 360° Panorama Stereovision mit Überlappung min. 3 Kamera-Felder (~60% Überlapp)
- 8 Kameras: aktiv Stereo mit Laserprojektion nach Vorn (150° Feldwinkel-Abdeckung)

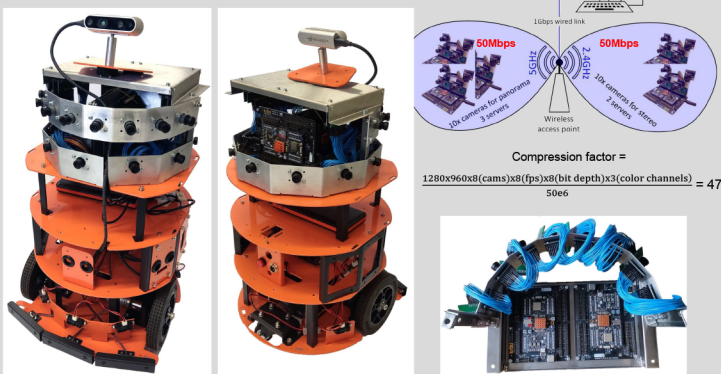


Multi-Laserprojektion

- Optimierung CGH an Aberrationen der Weitwinkel-Optik

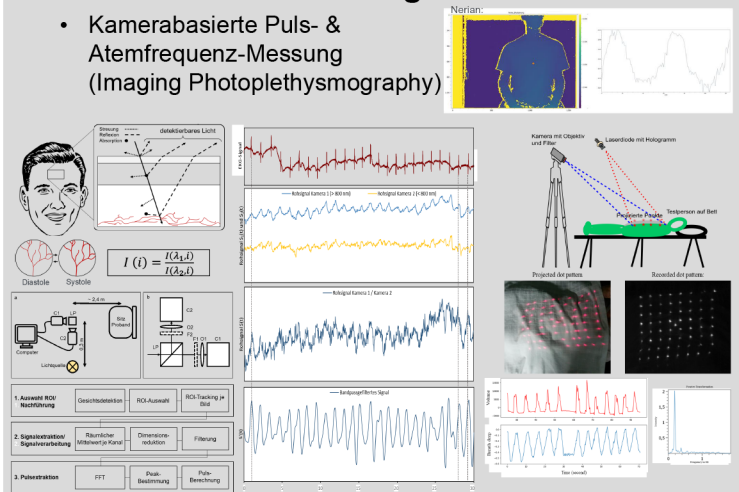


Roboterbasis & Prototyp



Vital-Parameter Erfassung

- Kamerabasierte Puls- & Atemfrequenz-Messung (Imaging Photoplethysmography)



Schnelle Energieeffiziente Erfassung dreidimensionaler Panoramen (SEE3D)

Innerhalb des Projektes See3D wurden neue Methoden zur 3D-Erfassung im Rahmen von Robotik-Anwendungen untersucht. Der Schwerpunkt der Arbeiten lag dabei auf der energieeffizienten Erfassung, wie sie für akkugestützte Systeme wünschenswert ist.

Haupttechnologie war dabei die Triangulation; es wurde aber auch ein neuer perspektivenbasierter Ansatz untersucht. Weiterhin wurden berührungslose Methoden zur Atem- und Pulsdetektion implementiert, um im Bereich der Care-Robotik zusätzliche wichtige Information zu liefern.

Für die triangulationsbasierte 3D-Panorama-Erfassung wurde eine FPGA-basierte Kamertechnik mit vielen (2 x 10) energieeffizienten CMOS Bildsensoren realisiert. Die Vorverarbeitung und Kompression erfolgt auf den

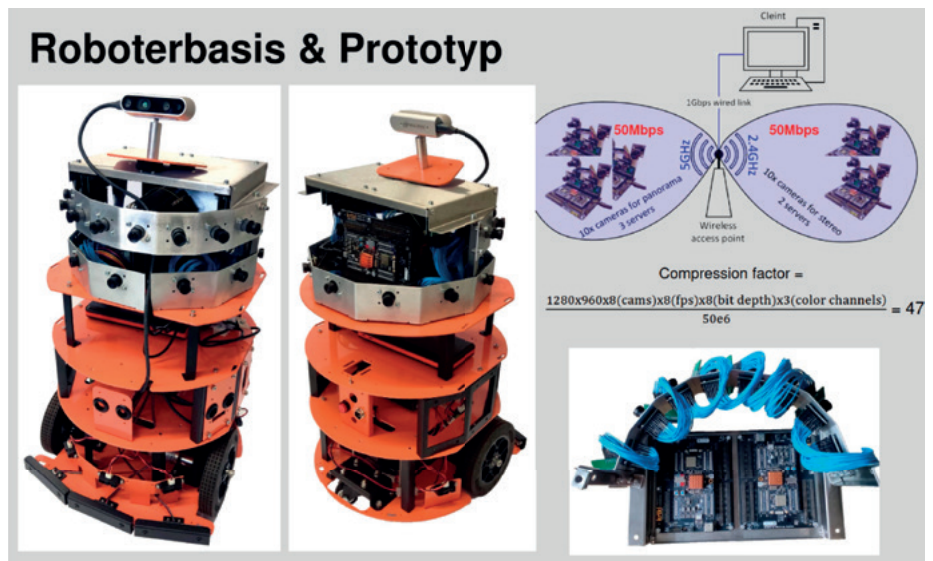


Abb. 1 : Aufgebauter Roboterprototyp mit Kamerasystem und Elektronik.

FPGAs. Dadurch werden die zwangsläufig großen Datenmengen onboard massiv reduziert und per WLAN an einen zentralen Server (Host) zur Wei-

terverarbeitung transferiert. Hierdurch kann beim eigentlichen Roboter die notwendige Leistung reduziert werden.

Ganz entsprechend wird auch bei der optischen Erfassung die Leistungsaufnahme reduziert. Dazu wird eine Mischung aus passivem Multi-Stereo und einer „sparse“ Punktprojektion zur Verbesserung von Robustheit und Genauigkeit genutzt. Eine optimierte, laserbasierte Projektion von Punktmustern führt so zu einer energieeffizienten Beleuchtung der Peripherie. Die Hauptsensorik kann das vorhandene Umgebungslicht nutzen und nur vergleichsweise wenig Lichtenergie (sparse Projektion) ist notwendig. Es konnte gezeigt werden, dass hierdurch sehr gute Ergebnisse hinsichtlich der Sensorik bei geringem Energiebedarf erzielbar sind.

Die aktive (Abb. 2) und passive (Abb. 3) triangulationsbasierte Messung erlaubt es Szenen zu erfassen, aber auch hochgenaue Messungen nach vorne durchzuführen (Abb. 2 Atmungsdetektion).

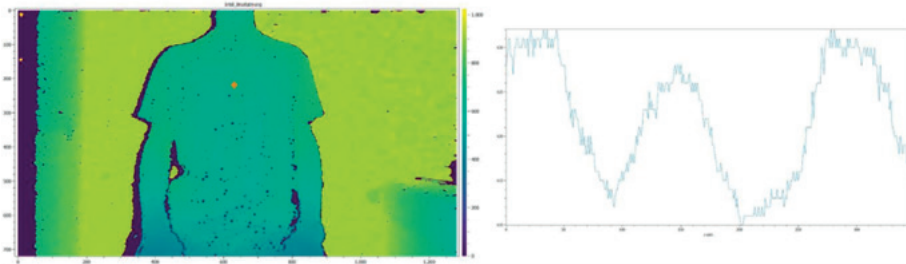


Abb. 2: Messung der Atmung mittels Front-Stereokamera.

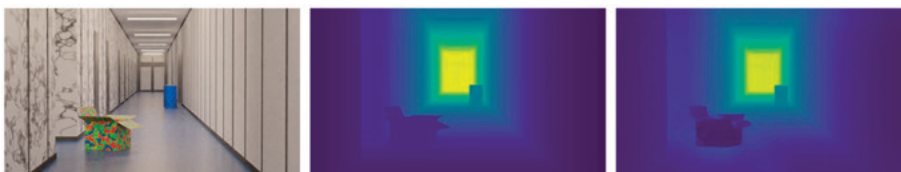


Abb. 3: linkes Stereobild, Ground Truth und Tiefenauswertung mittels neuronalem Netz.

Für die aktive Projektion wurde ein Verfahren entwickelt, mit dem qualitativ hochwertige sparse Punktemuster preisgünstig projiziert werden können (Abb. 4).

Im Rahmen des Projekts konnte eine weitere Methodik, die differentielle Perspektive (Abb. 5), entwickelt werden. Diese soll zeitnah auf Anwendungen im Bereich der Fahrerassistenzsysteme weiterentwickelt werden.

Wir danken der Baden-Württemberg Stiftung für die finanzielle Unterstützung dieses Projekts.

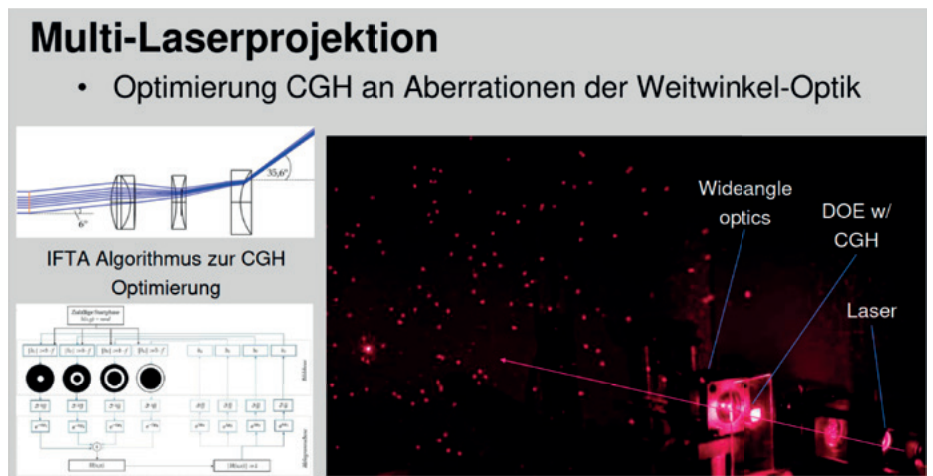


Abb. 4: Aberrationsoptimierte computergenerierte Hologramme für die sparse Projektion von Punktmustern.

Ansprechpartner:

Prof. Dr. Alois Herkommer
 Universität Stuttgart,
 Institut für Technische Optik
 herkommer@ito.uni-stuttgart.de

Dr. Tobias Haist
 Universität Stuttgart,
 Institut für Technische Optik
 haist@ito.uni-stuttgart.de

Prof. Dr. Sven Simon
 Universität Stuttgart, Institut für
 Parallele und Verteilte Systeme
 simon@ipvs.uni-stuttgart.de

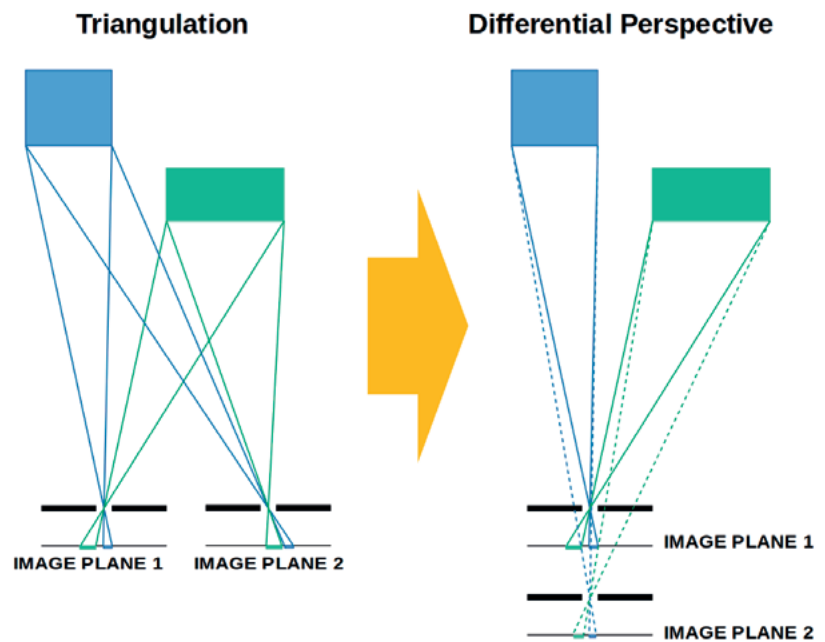


Abb. 5: Differentielle Perspektive: Die zwei Pupillen von zwei Bildaufnahmen werden nicht wie beim klassischen Stereo lateral (links) sondern axial versetzt. Entsprechend ergeben sich in beiden Bildern unterschiedliche Abbildungsmaßstäbe, die eine Rekonstruktion der Entfernung erlauben.