

Orthopädie und Bewegungssysteme

Kameragestütztes inertiales Navigations- system mit Sensorfusion

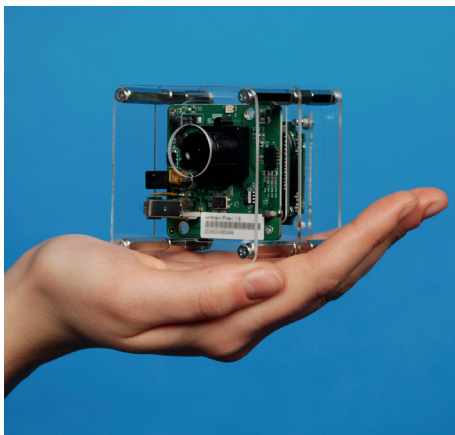


Bild 1 Demonstrator des kameragestützten inertialen Navigationssystems.

Einleitung

Das Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA entwickelt seit 10 Jahren Systeme und Lösungen auf dem Gebiet der inertialen Objektverfolgung und Navigation unter Verwendung von Low-Cost-Sensoren. Die inertielle Navigation erfasst die Orientierung, Geschwindigkeit und Position eines Körpers relativ zu einem Bezugssystem, indem Beschleunigungen und Drehraten des Körpers relativ zum Bezugssystem gemessen werden. Damit ist eine referenzlose Lokalisierung und die Verfolgung des Objekts sowie eine Zielberechnung und -führung möglich.

Folgende Probleme der Inertialsensorik stellen die Experten des Fraunhofer IPA vor neue Herausforderungen:

- Die Positionsmessung mit Inertialsensorik ist nur kurzzeitig genau.
- Inertielle Sensoren haben eine Drift im Nullpunkt.
- Die Korrektur von Positionsfehlern macht einen weiteren Sensorinput oder ein hinterlegtes dynamisches Systemmodell erforderlich.

Zielsetzung

Ziel der Experten des Fraunhofer IPA ist die Steigerung der Genauigkeit inertialer Sensorik sowie der Ausgleich von Sensorfehlern.

Dazu nutzen die Forscher die Sensorfusion, also das Zusammenführen und Kombinieren von verschiedenen Sensorialen zu einem Gesamtbild. Dabei folgen sie dem Prinzip, dass der Informationsgehalt der kombinierten Werte größer ist als die Summe der einzeln betrachteten Messwerte.

So liefert bei der Sensorfusion die Kamera komplementäre und langzeitstabile Messwerte (z. B. feststehende Merkmale im Kamerabild), während die Inertialsensorik hingegen hochdynamische Bewegungen exakt erfassen kann. So können auch Stillstand und nur sehr langsame Bewegungen sicher und präzise gemessen werden.

Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA

Institutsleitung:

Prof. Dr.-Ing. Prof. e.h. Dr.-Ing. e.h.
Dr. h.c. mult. Engelbert Westkämper
Prof. Dr.-Ing. Alexander Verl
Nobelstraße 12
70569 Stuttgart

Ansprechpartner:

Dipl.-Ing. Bernhard Kleiner
Telefon +49 711 970-3718
Fax +49 711 970-3998
E-Mail bernhard.kleiner@ipa.fraunhofer.de

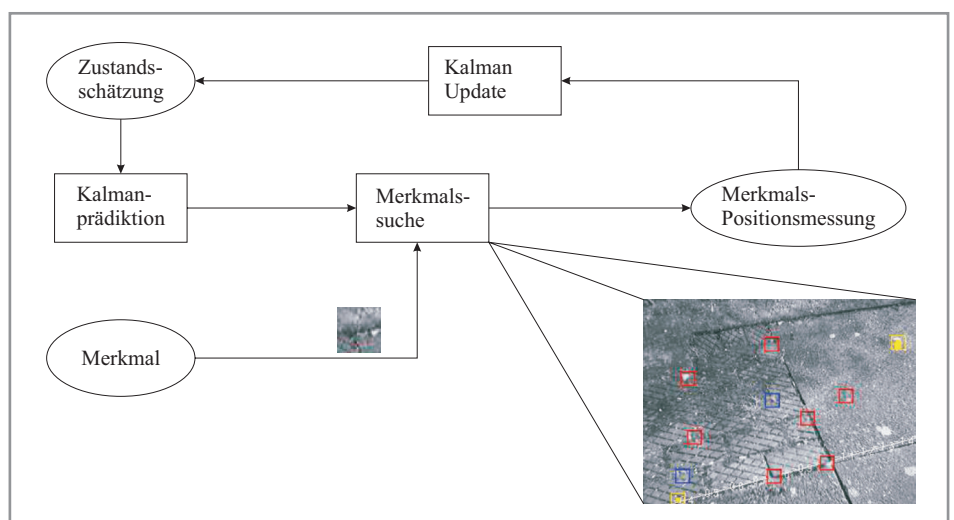


Bild 2 Merkmalsuche und Feature-Tracking im Kamerabild.

Vorgehensweise

Die Idee des Fraunhofer IPA war es, Inertialsensorik (IMU) und optische Sensorik mittels Kamera miteinander zu kombinieren. Kameragestützte Navigationslösungen gewinnen aufgrund ihrer zunehmenden Echtzeitfähigkeit sowie der hohen Genauigkeit bei der Implementierung in automatisierten mechanischen Systemen zunehmend an Bedeutung.

Zudem können vorhandene Bildverarbeitungskonzepte mit leistungsfähigen mobilen Recheneinheiten verarbeitet werden und liefern das Potenzial für eine sichere Bewegungsschätzung aus Bildinformationen.

Die Kamera-Bilddaten werden zur optischen Bewegungsmessung und -analyse herangezogen. Die inertialen Messdaten finden Verwendung in der Bildverarbeitung, wodurch ein gegenseitig gekoppeltes Sensorfusionssystem entsteht, das die Vorteile aus dem jeweiligen Einzelsystem ziehen kann.

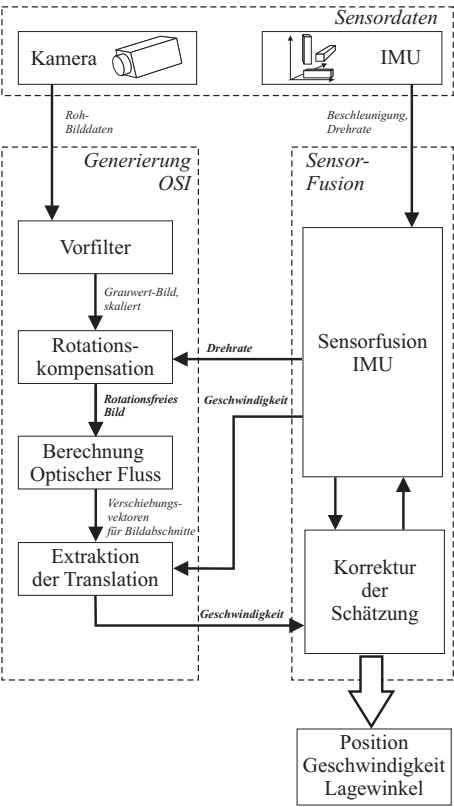


Bild 3 Struktur des kameragestützten inertialen Navigationssystems.

Ergebnis

Die Kombination einer Kamera mit einer inertialen Messeinheit ermöglicht die Erfassung von Eigenbewegungen und Strukturinformationen aus der Umgebung zu Stütz- und Korrekturzwecken.

Dadurch wird die Genauigkeit der Bewegungsschätzung erhöht und Sensorfehler werden besser kompensiert. Die Stützung durch die Kamera funktioniert in unbekannten Umgebungen und benötigt keinerlei Modellierung oder Vorgabe des Kamerablickraums.

Durch die Integration der Kamera in das mobile inertiale Navigationssystem wird das Messprinzip eines referenzlose Sensorsystems beibehalten, in dem sich alle benötigte Sensorik innerhalb des Sensormoduls befindet und keine externe Infrastruktur (z. B. Infrarot-Marker) benötigt wird.

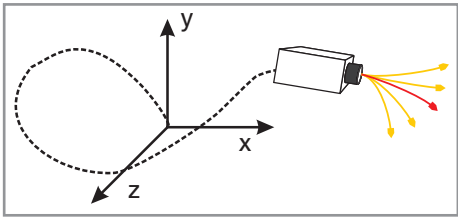


Bild 4 Positionserfassung mit Kamera und Inertialsensorik ohne äußere Referenzen.

Bildquelle:
Bild 2 basiert auf: [Andrew J. Davison und Olivier Stasse 2007] Andrew J. Davison, Member IEEE Nicholas D. M. und Olivier Stasse, IEEE: MonoSLAM: Real-Time Single Camera SLAM. In: IEEE TRANSACTIONS ON PATTERN ANALYSIS AND MACHINE INTELLIGENCE, 2007.