

Multi-Sensor-Daten-Fusion zur Personenerkennung mit dem Merkmal-Modell

Ullrich Scheunert, Heiko Cramer, Basel Fardi, Gerd Wanielik

Professur für Nachrichtentechnik
Technische Universität Chemnitz
09107 Chemnitz

{scheunert, cramer, fardi, wanielik}@infotech.tu-chemnitz.de

Abstract: Dieser Artikel befaßt sich mit einem Teilgebiet der Szenenerkennung für Fahrerassistenzsysteme. Multi-Sensor-Daten-Fusion wird für die Detektion und zeitliche Verfolgung von Personen im Fahrzeugumfeld eingesetzt. Ein System, bestehend aus einem Laserscanner und einer Infrarot-Kamera wird verwendet, um Personen sicher zu detektieren und genau zu lokalisieren. Diese beiden Sensoren sind in gewissem Maße komplementär hinsichtlich der Information, die sie über eine beobachtete Szene liefern. Der Laserscanner liefert eine exakte Position, hat dabei jedoch eine schlechte Leistung hinsichtlich der Unterscheidung zwischen Personen und anderen Objekten. Im Gegensatz dazu erlaubt die Kamera nur eine schlechte Lokalisierung, ist aber für die Extraktion wichtiger Merkmale geeignet, insbesondere, wenn es sich – wie bei Personen – um räumlich ausgedehnte Objekte handelt. Um die Verknüpfung der Sensor-Informationen zu erreichen, wird ein Extended Kalman-Filter-Ansatz verwendet, in welchem die spezifischen räumlichen Transformationen als nichtlineare Meßfunktionen eingehen. Um die räumliche Ausdehnung der Personen zu berücksichtigen, wird ein spezielles Merkmal-Modell für die Personenbeschreibung verwendet. Das wird kombiniert mit einem auf diese Anforderungen angepaßten Fuzzy-Gating-Verfahren. Das Personenerkennungssystem ist in Betrieb auf dem elektrogetriebenen Testfahrzeug der Professur für Nachrichtentechnik der TUC.

1. Einleitung

Die sichere aber zugleich auch ausreichend schnelle Erkennung von Objekten des Fahrzeugumfeldes verlangt die Einbringung von Vorwissen in diesen Prozeß. Das ist bei Fahrzeugen, insbesondere aber auch bei Personen der Fall, die relativ vielgestaltig sein können und sich dazu auch noch in sich verformen.

Eine prinzipielle Herangehensweise an diese Aufgabe erlaubt das Konzept des Merkmal-Modells [Cramer et al., 2004], welches die Zielstellung verfolgt, für die Verwendung von Form-Modellen bei der Objekterkennung und -verfolgung eine allgemeine strukturierte Arbeitsweise zu definieren. Dabei ist der Detailliertheitsgrad beliebig wählbar. Dem Merkmalmodell liegt die Überlegung zugrunde, daß jeder Sachverhalt der realen Welt sensorisch prinzipiell nur mit Hilfe räumlich an ihm verteilter bzw. ihm

zugeordneter Merkmale erkannt werden kann. Merkmale sind jedoch niemals unabhängig von einem sensorischen Prinzip.

Deshalb sind sie immer einem konkreten Sensor zugeordnet. Diese Vorstellung soll mit Hilfe des unten dargestellten abstrakten Würfels (Abbildung 1) veranschaulicht werden, der verschiedenartige Merkmale mit verschiedener geometrischer Gestalt an ganz bestimmten Positionen seiner Form enthält. Das nächste Kapitel macht nähere Angaben zu den Sensoren und der Erzeugung von Messungen aus den Rohdaten. Die konkreten Definitionen der Merkmale sind im Kapitel 3 zu finden. Kapitel 4 beschreibt kurz den Kalman-Filter und die spezielle Art des Fuzzy-Gatings.

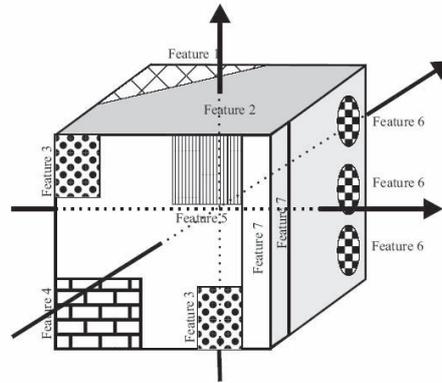


Abbildung 1: Abstrakter Merkmal-Würfel

2. Multi-Sensor-Detektionen

Zur Erfassung der Personen wird ein Laserscanner und eine Infrarotkamera verwendet. Der Laserscanner liefert in einem Winkelbereich von 100° mit einer Auflösung von 0.5° eine Anzahl von 200 Entfernungsmesswerten. Die Infrarotkamera hat eine Auflösung von 320×240 Pixel im fernen Infrarotbereich (siehe Abbildung 2).

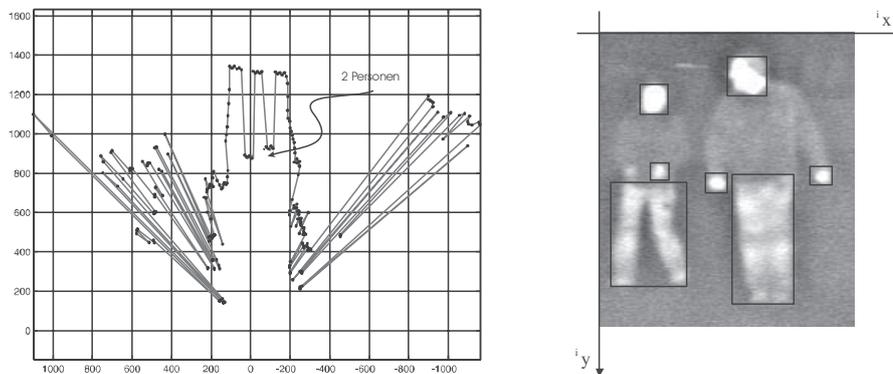


Abbildung 2: Sensordaten Laserscanner und Infrarotbild

Die Meßebeene des Laserscanners ist waagrecht, parallel zum Untergrund bzw. leicht nach unten geneigt, so daß die Ebene in weiterer Entfernung die Straßenebene schneidet. Es wird davon ausgegangen, daß der Einfluß dieses Nickwinkels vernachlässigbar bei der Berechnung des Abstandes zum Objekt ist. Die Meßdaten beider Sensoren werden unabhängig voneinander segmentiert. Für den Laserscanner werden Abschnitte gleicher

oder ähnlicher Entfernung zusammengefaßt. So entstehen Winkelintervalle, die als Lasermessungen verwendet werden. Im Infrarotbild werden mit Hilfe eines gleitenden Mittelwert-Filters helle Bereiche extrahiert, die durch ihre umschreibenden Rechtecke die Infrarotmessungen eines Bildes repräsentieren.

3. Merkmal-Modell für Personen

Zur Herleitung der Merkmale für die beiden Sensoren wird als grobe Formbeschreibung einer Person ein Zylinder vorgegeben [Cramer et al., 2004]. Daraus resultieren die Zustandsgrößen des Ortes sowie Höhe und Durchmesser. Dazu kommen der Ausrichtungswinkel und die Drehgeschwindigkeit.

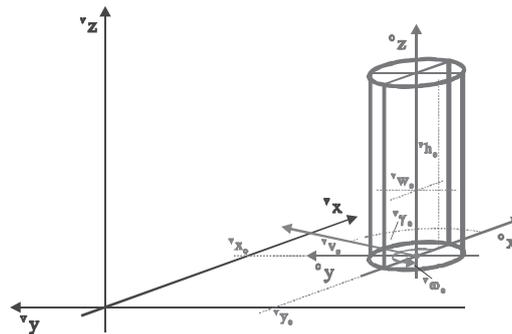


Abbildung 3: Grobe Formbeschreibung Zylinder

Auf der Grundlage dieser Zylinderbeschreibung ist es nun möglich, sensorspezifische Merkmale zu definieren, die funktional auf die Zustandsgrößen der Person (des Zylinders) zurückgeführt werden. Für den Laserscanner stellt man sich vor, daß die Messungen durch einen Schnitt mit dem Zylinder entstehen. Zur Vereinfachung wird eine gemeinsame Entfernung ${}^l r_f$ und eine mittlere Winkelposition ${}^l \alpha_f$ als Ort angenommen und die Objektbreite als Winkelbreite ${}^l \Delta \alpha_f$ vorgesehen.

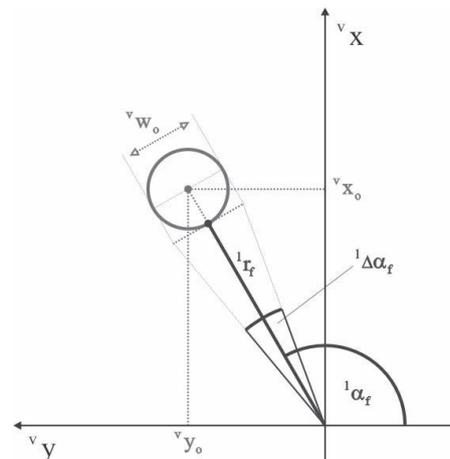


Abbildung 4: Lasermerkmal im 3D-Objektraum (identisch mit Fahrzeugkoordinatensystem)

Das Lasermerkmal ist also im realen 3D-Raum eine rechteckige Scheibe, die in Richtung des Laserscanners tangential am Zylinder steht und Höhe und Breite (Durchmesser) des Zylinders hat.

In ähnlicher Weise gelingt es, relativ zur Position des Zylinders Merkmalsflächen für die warmen (hellen) Regionen des menschlichen Körpers festzulegen (Abbildung 5). Diese 3D-Merkmale lassen sich anschließend in den Meßraum transformieren. Diese Transformationen bilden dann zusammen mit der Definition der Merkmale aus Zustandsgrößen die komplette Meßgleichung für dieses Merkmal im Kalman-Filter. Die Merkmalbeschreibung im Fahrzeugkoordinatensystem ${}^v X_f$ schließt die Modellierung der Unsicherheit mit ein. Somit schreibt man mit den Merkmalparametern ${}^f x_{f0}$ und der

Merkmalgenauigkeit ${}^f v_f$ sowie der Position des Merkmals ${}^o x_{f0}$ im Objektkoordinatensystem und seiner Unsicherheit ${}^o v_f$ sowie der Lage des Objekts im Fahrzeugkoordinatensystem ${}^v x_{o0}$ und der dazu gehörigen Unsicherheit ${}^v v_o$

$$\begin{aligned} {}^f X_f &= {}^f x_{f0} + {}^f v_f, \\ {}^o X_f &= g_{f \rightarrow o}({}^o x_{f0}, {}^f x_{f0} + {}^f v_f) + {}^o v_f, \\ {}^v X_f &= g_{o \rightarrow v}({}^v x_{o0}, g_{f \rightarrow o}({}^o x_{f0}, {}^f x_{f0} + {}^f v_f) + {}^o v_f) + {}^v v_o \end{aligned}$$

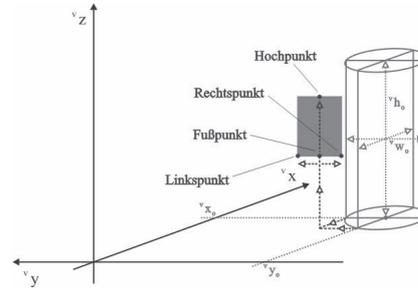


Abbildung 5: Bildmerkmal im 3D-Objektraum

Die endgültige Transformation des Merkmals in die Messung erfolgt durch

$$\begin{aligned} {}^m X_f &= g_{v \rightarrow m}({}^v X_f) + {}^m v_v, \\ {}^m X_f &= g_{v \rightarrow m}(g_{o \rightarrow v}({}^v x_{o0}, g_{f \rightarrow o}({}^o x_{f0}, {}^f x_{f0} + {}^f v_f) + {}^o v_f) + {}^v v_o) + {}^m v_v, \end{aligned}$$

woraus man die Transformation des Erwartungswertes in den Meßraum ${}^m y_f$ und die dazugehörige Kovarianz ${}^m U_f$ erhält.

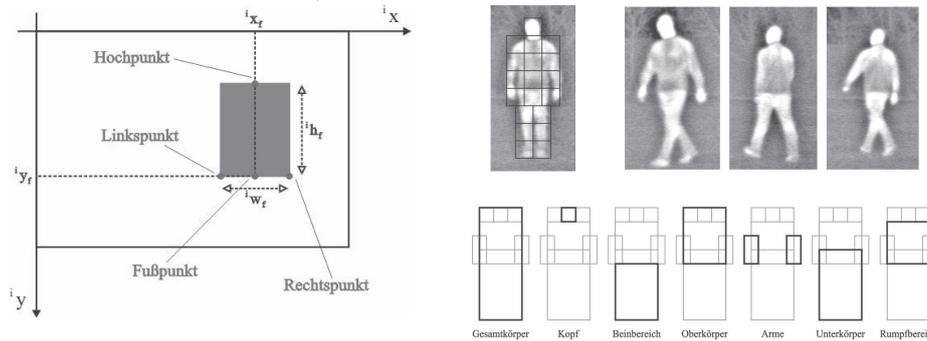


Abbildung 6: Merkmal ins Bild transformiert und verschiedene Merkmalsausprägungen

4. Fuzzy-Gating und Kalman-Filter zur Multi-Sensor-Daten-Fusion

Das Sensor-Fusion-Problem wird durch das Bilden einer gemeinsamen Meßfunktion aus den einzelnen Meßgleichungen aller Merkmale gelöst und mit einem Extended Kalman-Filter bearbeitet. Für das Verfolgungsproblem ist die Lösung des Zuordnungsproblems von Messungen beider Sensoren zu bereits verfolgten Objekten erforderlich. Gleichzeitig ist das Zuordnungsproblem von Messungen zu den in verschiedenen Ausprägungen und Positionen modellierten Merkmalen zu lösen. Als Zuordnungsverfahren wird das Local Nearest Neighbour Verfahren [Seyffert, 2004] verwendet. Zur Berechnung des Zugehörigkeitsgrades von Messungen zu Merkmalen ist jedoch ein Verfahren anzuwenden, welches die Ausgedehnthet der Merkmale und Messungen berücksichtigt. Das wird mit einem Fuzzy-Gating [Scheunert et al., 2004] erreicht, bei dem die Messungen und Merkmale zuerst durch Fuzzy-Mengen beschrieben werden. Als Fuzzy-

Mengen wurden Zugehörigkeitsfunktionen vom Potentialfunktionstyp verwendet [Scheunert, 2002] Die Variation der Ausdehnungs- und Formparameter erlaubt eine sehr gezielte Festlegung der ungenau bekannten Regionen von Merkmalen und Messungen.

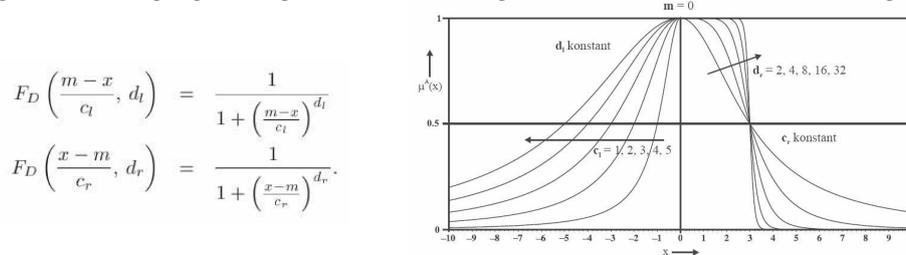


Abbildung 7: Eindimensionale Potentialfunktion

Das Ähnlichkeitsmaß der Fuzzy-Überlappung bietet eine an das Problem angepaßte Methode zur Berechnung des Zugehörigkeitsgrades sowohl im Falle der eindimensionalen Winkelintervalle beim Laserscanner als auch bei den zweidimensionalen Regionen beim Infrarotbild. Um eine mögliche Zuordnung einer Messung zu einer Merkmalprädiktion zu bewerten, wird die Ähnlichkeit der beiden entsprechenden Fuzzy-Gating-Bereiche berechnet. Das Maß der Ähnlichkeit s_{μ} zweier Fuzzy-Mengen wird definiert durch die Überlappung der beiden Zugehörigkeitsfunktionen.

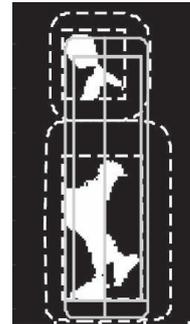
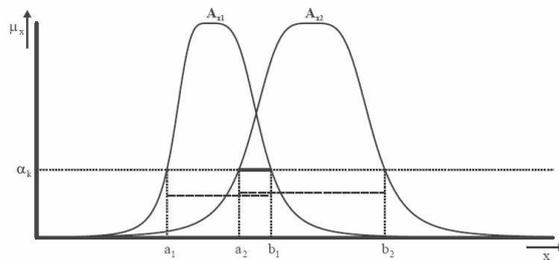


Abbildung 8: Eindimensionale Überlappung (oben) und seine Übertragung auf zweidimensionale Regionen im Bild (rechts)

Literaturverzeichnis

- [Brammer und Siffling, 1994] K. Brammer, G. Siffling: Kalman Bucy Filter: Deterministische Beobachtung und stochastische Filterung. R. Oldenburg Verlag, München, Wien, 1994.
- [Scheunert, 2002] Ullrich Scheunert: Fuzzy-Mengen-Verknüpfung und Fuzzy-Arithmetik zur Sensor-Daten-Fusion. Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 9, Nr. 941 (2002).
- [Cramer et al., 2004] Heiko Cramer, Ullrich Scheunert, Gerd Wanielik: Multi Sensor Data Fusion Using a Generalized Feature Model Applied to Different Types of Extended Road Objects. Proceedings of the 7th International Conference on Information Fusion, Stockholm, 2004.
- [Scheunert et al., 2004] Ullrich Scheunert, Heiko Cramer, Basel Fardi, Gerd Wanielik: Multi Sensor Data Fusion for Tracking Pedestrians Based on Kalman Filter and Fuzzy Logic. Paper angenommen 2004. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems.
- [Seyffert, 2004] Daniel Seyffert: Entwicklung eines Merkmalmodells zum multisensoriellen Verfolgen von Personen mit Hilfe des Kalman-Filters. Diplomarbeit TU Chemnitz.