

Datenfusion in der Automatisierungstechnik

Uwe D. Hanebeck und Hartwig Steusloff

Prozesszustände in der automatisierten Produktion bzw. Dienstleistung sind im Zeichen hoch regulierter Qualitäts-, Sicherheits- und Umwelanforderungen nur durch eine Kombination vielfältiger physikalischer Größen erfassbar. Die Optimierung einer automatisierten Prozessführung erfordert komplexe Zustandsinformationen, welche aus Daten von Sensorsystemen mit unterschiedlichen Funktions- und Betriebsweisen gewonnen werden müssen. Die modellgestützte Zusammenführung solcher Daten zur Ermittlung der erforderlichen Informationen nennen wir Datenfusion; sie muss, je nach den Prozessanforderungen, auch unter Echtzeitbedingungen ablaufen.

Dabei reicht das Spektrum von einfachen linearen bis hin zu nichtlinearen Fusionsverfahren mit expliziter Modellierung der Eigenschaften und Unsicherheiten der zu fusionierenden Daten. Darüber hinaus gewinnen adaptive Fusionsverfahren, d. h. Verfahren mit einer automatischen und eventuell simultanen Identifikation der benötigten Modelle, immer mehr an Bedeutung.

Das Ziel des vorliegenden Schwerpunktheftes kann nicht die umfassende Darstellung aller Aktivitäten auf dem Gebiet der Datenfusion sein. Vielmehr soll anhand von ausgewählten Beiträgen ein Einblick in den aktuellen Stand der Technik von Datenfusionsverfahren in konkreten Anwendungen gegeben werden, wobei der Schwerpunkt auf der Verwendung bekannter Verfahren und nicht auf der Herleitung neuer Theorien liegt.

Damit soll dieses Heft zwei Bedürfnisse erfüllen: Anwendungsorientierte Leser bekommen aus der Analyse der in den vorgestellten Anwendungen verwendeten unterschiedlichen Datenfusionsverfahren Anregungen für die Lösung eigener Probleme. Theoretisch orientierte Leser können aus den dokumentierten Stärken und Schwächen der eingesetzten Verfahren den Handlungsbedarf bei der (Weiter-)entwicklung von Datenfusionsverfahren ableiten.

Die Autoren *M. Skutek* und *D. Linzmeier* befassen sich mit der „Fusion von Sensordaten am Beispiel von Sicherheitsanwendungen in der Automobiltechnik“. Dabei werden zwei spezielle Anwendungen, ein PreCrash-System und die Fußgängerdetektion, betrachtet. Die erste Anwendung hat das Ziel, einen Unfall vorherzusagen und in dem kurzen Zeitraum bis zum bevorstehenden Aufprall einer entsprechenden Aktorik Daten zur Verfügung zu stellen, um die Auswirkung des Aufpralls zu minimieren. Zu diesem Zweck werden Nahbereichsradare und ein Laserscanner

eingesetzt, welche die Lage und die relative Geschwindigkeit von unfallgefährdeten Objekten bestimmen. Für die Fusion der Daten dieser Sensoren werden zwei alternative Verfahren vorgestellt, wobei das erste Verfahren auf dem bekannten Kalman-Filter beruht, während das zweite Fusionsverfahren mit einem Gitternetz arbeitet. Die zweite Anwendung ist die Fußgängerdetektion mit Hilfe von passiven Infrarotsensoren. Auch hier wird eine stochastische Datenfusion mit Hilfe eines Gitternetzes vorgenommen, wobei die Wahrscheinlichkeiten der einzelnen Gitterpunkte auf der Grundlage der Dempster-Shafer-Theorie berechnet werden.

Der Aufsatz der Autoren *P. Vortisch* und *M. Ortgiese* mit dem Titel „Vom Stau zur Verkehrsinformation – Datenfusion als Teil eines Gesamtprozesses“ beschreibt im Sinne einer Wertschöpfungskette den gesamten Prozess, der erforderlich ist, um mit Hilfe einer effizienten Datenfusion die Verkehrsteilnehmer optimal über die aktuelle Verkehrslage zu informieren. Nach der Definition des Begriffs Verkehrslage wird ein Überblick über unterschiedliche Datenquellen gegeben, die zu einer Verkehrslage fusioniert werden können. Dabei werden neben ortsfesten Sensoren auch so genannte Floating Car Daten und die Nutzung von Verkehrsmeldungen, Verkehrsplanungsdaten und Datenhistorien beschrieben. Schließlich werden Methoden für eine hierarchische Datenfusion unter den gegebenen Randbedingungen vorgestellt, wobei neben technischen auch organisatorische Gesichtspunkte berücksichtigt werden.

In dem Beitrag „Data-Driven Modeling of Signal Strength Distributions for Localization in Cellular Radio Networks“ befassen sich die Autoren *M. Grigoras*, *O. Feiermann* und *U. D. Hanebeck* mit dem Problem der Lokalisierung von mobilen Datenendgeräten in Funknetzwerken wie DECT oder WLAN mit Hilfe von verrauschten Feldstärkemessungen. Dabei wird, neben der Lokalisierung auf der Basis einer gegebenen Wahrscheinlichkeitsverteilungsdichtefunktion für die Feldstärke, ein Verfahren zur automatischen Bestimmung eben dieser Dichtefunktion aus einer repräsentativen Menge von Feldstärkemessungen diskutiert. Die Besonderheiten dieses Verfahrens sind zum einen die systematische Berücksichtigung von Messunsicherheiten durch Berechnung von Dichtefunktionen über den Parametern der gesuchten Dichtefunktion für die Feldstärke, was eine sequentielle rekursive Verarbeitung erlaubt, und zum anderen die Verwendung eines effizienten Verfahrens zur Approximation von Dichtefunktionen.

Der Aufsatz der Autoren *M. Suppa* und *G. Hirzinger* mit dem Titel „Ein Hand-Auge-System zur multisensoriellen Rekonstruktion von 3D-Modellen in der Robotik“ beschreibt zunächst einen handgeführten, multisensoriellen 3D-Modellierer, der aus einem Laserscanner, einem Lichtschnittsensor, einem Textursensor sowie einem Stereo-Kamera-System besteht. Zur Fusion der entstehenden Daten wird ein zusätzliches Ortungssystem für die Bestimmung der Lage des Multisensorsystems im Raum verwendet. Möchte man den Prozess der 3D-Modellrekonstruktion nun automatisiert durchführen, indem man das Multisensorsystem mit Hilfe eines Manipulators bewegt, so muss im ersten Schritt der Arbeitsraum des Manipulators exploriert werden. Zu diesem Zweck wird ein Verfahren zur Planung geeigneter Lagen des Multisensorsystems auf der Basis der Minimierung der Entropie im Konfigurationsraum des Manipulators mit stochastischen Sensor- und Hindernismodellen vorgestellt. Abschließend werden weitere notwendige Schritte in Richtung einer vollautomatischen 3D-Modellrekonstruktion diskutiert.

Die Autoren *C. W. Frey* und *H.-B. Kuntze* stellen ein „Neuro-Fuzzy-basiertes multisensorielles Diagnosekonzept zur qualifizierten Schadensdiagnose an Abwasserkanälen“ mit Hilfe von Inspektionsrobotern vor. Dazu wird das entwickelte Neuro-Fuzzy-Diagnosekonzept zunächst in allgemeiner Form vorgestellt und dann auf die Problematik der Rohrdiagnose angewendet, wobei die Verwendung geeigneter konkreter Sensoren diskutiert wird. An der experimentellen Befahrung einer realen Kanalstrecke wird demonstriert, wie die Daten der einzelnen schadensspezifischen Sensoren des verwendeten Inspektionsroboters durch die vorgestellte Fusionsmethode zu einem einheitlichen, genormten Schadensbild zusammengefügt werden.

Der letzte Beitrag der Autoren *A. Schuppert* und *R. Perne* mit dem Titel „Data Mining mit Prozessdaten“ befasst sich mit der Analyse und Optimierung von Produktionsprozessen, wobei Data Mining Methoden eingesetzt werden. Als Anwendungen werden komplexe mehrstufige Abläufe, ein biotechnischer Prozess und ein Polymerprozess, betrachtet. Dabei wird gezeigt, dass die vorgestellten Methoden Prozessstörungen zuverlässig identifizieren.

Damit wünschen die Gastherausgeber des vorliegenden Schwerpunkthefts allen Leserinnen und Lesern viele nützliche Anregungen für die Lösung ihrer Anwendungsprobleme beim Einsatz von Datenfusionsmethoden in komplexen Automatisierungssystemen.



Prof. Dr.-Ing. Uwe D. Hanebeck ist Inhaber des Lehrstuhls für Intelligente Sensor-Aktor-Systeme an der Universität Karlsruhe (TH). Hauptarbeitsgebiete: Nichtlineare Schätzverfahren, Sensor-Aktor-Netzwerke, Robotik, Telepräsenzsysteme.

Adresse: Universität Karlsruhe (TH), Lehrstuhl für Intelligente Sensor-Aktor-Systeme (ISAS), Kaiserstraße 12, 76128 Karlsruhe, Tel.: +49 (0) 721-608-3909, E-Mail: hanebeck@ira.uka.de



Prof. Dr. Hartwig Steusloff war bis zum Erreichen der Altersgrenze Leiter und ist heute Bevollmächtigter Berater am Fraunhofer-Institut für Informations- und Datenverarbeitung (IITB) in Karlsruhe. Außerdem ist er Honorarprofessor an der Fakultät für Informatik der Universität (TH) Karlsruhe. Arbeitsgebiete: Automatisierung; verteilte, wissensbasierte, selbstorganisierende Systeme; Nebengebiet: Querschnittstechnologien in der Normung (DIN/DKE, IEC) mit Schwerpunkt Informationstechnologien.

Adresse: Fraunhofer-IITB, Fraunhoferstraße 1, 76131 Karlsruhe, E-Mail: hst@iitb.fraunhofer.de