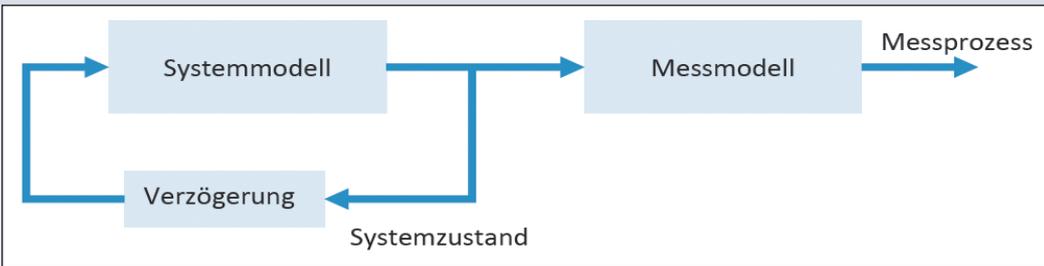
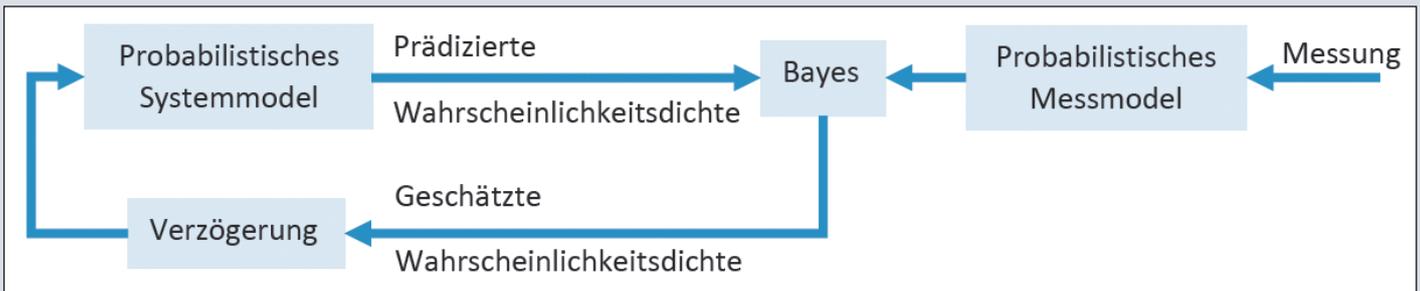


Sensorfusion zur Verbesserung der Messqualität



◀ Bild 1: Zustandsmodell für Sensorfusion

▼ Bild 2: Überführung in Rechenmodell für Sensorfusion



Raue Umweltbedingungen denen Sensoren ausgesetzt sind, führen dazu, dass die Information in den Messdaten durch Störsignale verschiedenster Art überlagert werden. Dabei können Störsignale kurzzeitig auftreten oder andauernd vorhanden sein. Kurzzeitige Störungen können beispielsweise bei einem Drehratensensor durch Erschütterungen auftreten. Andauernde Störungen wären das Rauschen des Sensors oder überlagerte Brummsignale. Durch die Anwendung der Sensorfusion kann mit Hilfe von einer Software das Nutzsignal vom Störsignal getrennt werden. Die Sensorfusion ermöglicht somit das Herausfiltern relevanter Information aus störungsbehafteten Messdaten. Die eingesetzten Algorithmen verwenden hierfür einen modellbasierten Ansatz. Dabei wird das zeitliche Verhalten des Nutzsignals und des Störsignals und deren Interaktion

bzw. Überlagerung über mathematische Modelle modelliert (Bild 1). Diese mathematischen Modelle beschreiben dabei einen stochastischen Prozess bzw. Zufallsprozess, da das zukünftige zeitliche Verhalten der Störungen oder das Nutzsignal nicht deterministisch vorhersagbar ist. Ausgehend von dem stochastischen Prozess wird dann ein Filter entworfen, welches die gemessenen Sensordaten verarbeitet und die Störungen minimiert. Dabei stellt die aktuelle Messung eine Realisierung des beobachteten Prozesses dar und man erhält als Ergebnis des Filters eine Wahrscheinlichkeitsdichte (Bild 2). Hierfür wird der Satz von Bayes angewendet, welches auch dazu geführt hat, dass Sensorfusion auch unter dem Begriff rekursive Bayes'sches Schätzverfahren bekannt ist.

Kalman Filter

Aus dem Bereich der Sensorfusion existieren zahlreiche Verfahren, die für unterschiedlichsten Randbedingungen angewendet werden können. Das bekannteste Verfahren ist das Kalman Filter. Dies wird angewendet, wenn die Signale mittels linearen Systemen und normalverteilten Rauschen modelliert werden können. Dabei kann das Rauschen weiß (unkorreliert über die Zeit) oder auf farbig (zeitliche Abhängigkeit) sein. Eine Weiterentwicklung des Kalman Filters stellen die Robusten Kalman Filter dar. Robust bedeutet hier, dass das Filter Ausreißer erkennt und diese bei der Verarbei-

tung entfernt. Robuste Kalman Filter können Ausreißer über ein Gating verwerfen oder auch die Rauschcharakteristik, d.h. die Messunsicherheit, mitbestimmen.

IMM-basierte Ansätze

Treten bei den Sensorsignalen unterschiedlich unterlagerte Verläufe auf, die zu unbekanntem Zeitpunkt wechseln können, so können IMM-basierte Ansätze verwendet werden. Für jeden möglichen Signalverlauf wird ein anderes Modell angenommen, diese Modelle könnten z.B. ein konstantes, ein sinusförmiges oder exponentiell abfallendes Signal modellieren. Bei den IMM-basierten Ansätzen erhält man darüber hinaus eine Wahrscheinlichkeitsverteilung über die Modelle und kann damit Aussagen über die momentane Aktivität eines Modells treffen.

Lineare Regression Kalman Filter

Kann das mathematische Modell nicht über einen linearen Zusammenhang modelliert werden, und somit der Kalman Filter nicht mehr angewendet werden, können sogenannte Lineare Regression Kalman Filter verwendet werden. Diese Filterverfahren führen eine Linearisierung der Abbildungsfunktionen durch, wobei der Linearisierungsfehler mit berücksichtigt wird. Angewendet werden diese Filterverfahren z.B. bei der Bestimmung des Drehwinkels aus Beschleunigungsdaten oder die Positionsschätzung aus Abstandsmessungen.

Fazit

Sensorfusion ermöglicht eine Verbesserung der Qualität der Sensordaten. Sie erhöht die Abdeckung und Zuverlässigkeit durch Kombination mehrerer Sensoren und eine qualitative Bewertung der Sensordaten und Korrektur. Das aus der Sensorfusion gewonnene Resultat ist im Ergebnis besser, als die Interpretation der Messwerte einzelner Sensoren. Die Stärken der einzelnen Sensorprinzipien werden vereint und Schwächen werden neutralisiert. Die Sensorfusion stellt somit ein robustes (= zuverlässiges) Ergebnis zur Verfügung und darüber hinaus wird für jeden berechneten Wert eine Unsicherheit (bzw. Maß an Vertrauen) angegeben. Da durch die Sensorfusion genauere Sensordaten zur Verfügung gestellt werden, können dadurch Kosten gespart werden, da durch den Einsatz von schlechteren aber günstigeren Sensoren dasselbe Ergebnis wie beim Einsatz guter Sensoren erzielt werden kann.

Fachvorträge auf der Sensor+Test 2016:

- Halle 1, 10.05.2016, 11:00-11:30, Datenverarbeitung in Industrie-4.0-Anwendungen
- Halle 1, 12.05.2016, 10:00-10:30, Erhöhung der Sensorgenauigkeit durch Software

■ Knowtion UG
www.knowtion.de

Autor:



Dr.-Ing. Frederik Beutler
Geschäftsführer Knowtion UG
– Spezialist für Sensorfusion
und automatische
Datenanalyse