

Arbeiten über Digitale Signalverarbeitung

Band 36

**Kathrin Wilkens**

**Multi-Hypothesentracking-Verfahren mit  
datenfusionierenden Algorithmen**

Shaker Verlag  
Aachen 2012

**Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek**

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Zugl.: Kiel, Univ., Diss., 2012

Copyright Shaker Verlag 2012

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-1043-5

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen  
Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9  
Internet: [www.shaker.de](http://www.shaker.de) • E-Mail: [info@shaker.de](mailto:info@shaker.de)

## Multi-Hypothesentracking-Verfahren mit datenfusionierenden Algorithmen

Diese Arbeit beschäftigt sich mit Multi-Hypothesentracking (MHT-)Verfahren für Anwendungen in Unterwasserszenarien. Der Schwerpunkt liegt dabei auf der Entwicklung von leistungsfähigen Zielverfolgungsverfahren für multistatische Aktivsonarszenarien mit mehreren, örtlich getrennten Sonarsystemen. Dazu wurde ein MHT-Verfahren algorithmisch umgesetzt, das Sonarkontakte, gebildet aus auf unterschiedlichen Empfängern aufgezeichneten Signalechos, und den jeweiligen Ursprung der Echos beschreibend, geeignet fusioniert. Im Ergebnis sollen automatisch und mit einer hohen Lokalisierungsgenauigkeit Zieltracks aus den prozessierten Sonarkontakten entstehen. Zieltracks geben den Verlauf der Bewegung von wahren Zielen wieder und entstehen durch eine Zusammenfügung zeitlich aufeinanderfolgender und das jeweilige Ziel beschreibender Sonarkontakte (Zielkontakte). Dabei soll gleichzeitig eine möglichst geringe Anzahl von Falschtracks gebildet werden. Ein wesentliches Problem bei der Lösung dieser Aufgabe besteht darin, dass neben den Zielkontakten zusätzlich eine Vielzahl von zielähnlichen Echos (Falschkontakte) extrahiert werden. Zur Lösung des sich daraus ergebenden Assoziationsproblems wird in dieser Arbeit ein aus der Radartechnik bekanntes Multi-Hypothesentracking-Verfahren auf die spezifischen Anforderungen des Unterwasserschallkanals erweitert.

Beim Multi-Hypothesentracking werden unterschiedliche Assoziationshypothesen aufgestellt, die über eine Zuordnung von weiteren Kontakten aus folgenden Messungen fortgeführt werden. Die Entscheidung, welcher Sonarkontakt tatsächlich dem Track zuzuordnen ist, wird somit in die Zukunft verschoben, in der eine Entscheidung beruhend auf einer größeren Informationsmenge möglich ist.

Für die sequentielle Verarbeitung der Sonarkontakte wird im Rahmen dieser Arbeit eine nichtlineare Variante des Kalman-Filters, das Unscented Kalman-Filter (UKF), gewählt. Es bildet das Kernstück des MHT-Verfahrens.

In multistatischen Szenarien mit mehreren Sender-Empfänger-Paaren im Überwachungsgebiet kann durch eine Multisensor-Datenfusion sowohl die Detektionswahrscheinlichkeit als auch die Lokalisierungsgenauigkeit für einzelne Ziele verbessert werden. Die als Fusionsgewinn bezeichneten genannten Verbesserungen spiegeln sich aber nur dann in einer erhöhten Qualität des Trackingergebnisses wider, wenn die Daten der beteiligten Sensoren geeignet fusioniert werden. Im Rahmen dieser Arbeit wurden Methoden der Sensordatenfusion entwickelt, die für unterschiedliche multistatische Szenarien den beschriebenen Fusionsgewinn erzielen. Insbesondere für Trackinganwendungen, in denen die zum Datenaustausch verfügbaren Bandbreiten stark begrenzt sind, wurde ein neues Verfahren der dezentralen Multisensor-Datenfusion entwickelt. Dabei werden, anders als bei der zentralen Fusion, keine Sonarkontakte, sondern Tracks für eine Fusion übermittelt.

Für Szenarien, in denen sowohl die zentrale als auch die dezentrale Fusion nicht zu aussagekräftigen Ergebnissen führt, wurde eine neue Fusionsmethode entwickelt. Dabei werden Sonarkontakte beruhend auf Ellipsenschnittpunkten fusioniert, bevor sie vom MHT-Verfahren prozessiert werden.

Eine weitere Voraussetzung für die erfolgreiche Detektion und Lokalisierung eines Ziels unter schwierigen Umgebungsbedingungen, wie sie im Fall von Unterwasserszenarien vorliegen, ist die möglichst realitätsnahe Modellierung der System- und Umgebungsbedingungen.

Die innerhalb der Kalman-Filterung benötigte Systembeschreibung für das im Allgemeinen unbekannt dynamische Zielverhalten stellt dabei eine besondere Herausforderung dar. In dieser Arbeit wurden zwei neue Ansätze zur Adaption des Bewegungsmodells entwickelt. Neben einer Anpassung des Modells an detektierte Zielmanöver, erfolgte eine Adaption des Bewegungsmodells hinsichtlich einer realistischeren Beschreibung des Bewegungsverhaltens von Ubooten.

Im Vergleich zu Radarszenarien ist die Umgebung in Sonarszenarien aufgrund der Instationarität des Mediums Wasser deutlich variabler. Ein innerhalb des MHT-Verfahrens genutzter Parameter zur Beschreibung der Umgebungsbedingungen ist die Falschkontakt-dichte. In Sonarszenarien ist die Falschkontakt-dichte sowohl räumlich als auch zeitlich nicht konstant. Deshalb wurde ein neues Verfahren zur adaptiven Bestimmung der Falschkontakt-dichte entwickelt. Dabei wird für jeden Zeitpunkt einer Messung und jede Position eines Sonarkontakts eine individuelle Dichte bestimmt.

Die hier präsentierten Ergebnisse zeigen, dass vorhandene Informationen durch unterschiedliche Methoden der Datenfusion geeignet in den MHT-Algorithmus integriert und dadurch auch unter sehr schwierigen Voraussetzungen aussagekräftige Trackingergebnisse erzielt werden können.