Forschungsberichte der
Professur Nachrichtentechnik

TECHNISCHE UNIVERSITÄT
CHEMNITZ

Band 12

Michael Schuster

Multiple Object Tracking for Extended Targets using JIPDA filters

SHAKER
VERLAG

TECHNISCHE UNIVERSITÄT
CHEMNITZ

Multiple Object Tracking for Extended Targets using JIPDA filters

von der Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik
der Technischen Universität Chemnitz
genehmigte

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades
Doktoringenieur (Dr.-Ing.)

vorgelegt von
M.Eng. Michael Schuster
geboren am 10. März 1982 in Konstanz

Tag der Einreichung: 11. Januar 2017

Gutachter: Prof. Dr.-Ing. Gerd Wanielik
Prof. Dr.-Ing. Johannes Reuter

Tag der Verteidigung: 10. Juli 2017

Forschungsberichte der Professur Nachrichtentechnik
herausgegeben von Prof. Dr.-Ing. Gerd Wanielik

Band 12

Michael Schuster

Multiple Object Tracking for Extended Targets using JIPDA filters

D 93 (Diss. TU Chemnitz)

Shaker Verlag
Aachen 2018

Bibliographic information published by the Deutsche Nationalbibliothek
The Deutsche Nationalbibliothek lists this publication in the Deutsche Nationalbibliografie; detailed bibliographic data are available in the Internet at http://dnb.d-nb.de.

Zugl.: Chemnitz, Techn. Univ., Diss., 2017

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-5703-4
ISSN 1610-1251

Shaker Verlag GmbH • P.O. BOX 101818 • D-52018 Aachen
Phone: 0049/2407/9596-0 • Telefax: 0049/2407/9596-9
Internet: www.shaker.de • e-mail: info@shaker.de

Danksagung

Die vorliegende Arbeit ist im Rahmen eines kooperativen Promotionsverfahrens zwischen der HTWG Konstanz und der Technischen Universität Chemnitz entstanden. In diesem Rahmen war ich sowohl als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Systemdynamik (ISD) in Konstanz und an der Professur für Nachrichtentechnik (NT) in Chemnitz.

Ich möchte mich insbesondere bei meinen Betreuern, Prof. Dr. Johannes Reuter, Leiter des ISD, und Prof. Dr. Gerd Wanielik, Leiter der NT, für ihre Unterstützung und ihr Vertrauen bedanken. Mein Dank gilt auch Prof. Dr. Werner Kleinhempel, dessen Vermittlungen die Zusammenarbeit zwischen Konstanz und Chemnitz erst ermöglichten. Für das Interesse an meiner Arbeit und die Bereitschaft als Beisitzer an der Promotion mitzuwirken, danke ich Prof. Dr. Madhukar Chandra und Dr. Robin Schubert.

Diese Dissertation wäre nicht möglich gewesen ohne ein hochprofessionelles und kollegiales Umfeld. Ich möchte mich daher bei allen Kolleginnen und Kollegen bedanken, mit denen ich in dieser Zeit zusammenarbeiten durfte! Dezidiert danken möchte hier meinen Kollegen und Co-Autoren aus den gemeinsamen Projekten: Michael Blaich, Oliver Hambuger und Stefan Wirtensohn am ISD sowie Veit Leonhardt, Phillipp Lindner und Timo Pech an der NT. Für die vielen inspirierenden fachlichen und weniger fachlichen Gespräche möchte ich zudem Tristan Braun, Christian Knöbel, Florian Straußberger und Hanna Wenzl danken. Ein besonderer Dank geht noch an Jürgen Huber für die vielfältige Unterstützung für alles außerhalb der Fachtheorie.

Mein persönlicher Dank gilt meinen Eltern, die mir über die vielen Jahre hinweg jederzeit den nötigen Rückhalt gegeben haben. Dieser Dank geht auch an meinen Freund Herman J. Schmeh, welcher mir auch bei dieser Arbeit wieder beim letzten Feinschliff geholfen hat. Abschließend möchte noch meiner Nicole für ihre Geduld und ihr Verständnis danken, wenn die Wissenschaft ihren Tribut in Form von Raum und Zeit einforderte.

Abstract

Autonomous moving systems require very detailed information about their environment and potential colliding objects. Thus, the systems are equipped with high resolution sensors. These sensors have the property to generate more than one detection per object per time step. This results in an additional complexity for the target tracking algorithm, since standard tracking filters assume that an object generates at most one detection per object. This requires new methods for data association and system state filtering.

As new data association methods, in this thesis two different extensions of the Joint Integrated Probabilistic Data Association (JIPDA) filter to assign more than one detection to tracks are proposed. The first method that is introduced, is a generalization of the JIPDA to assign a variable number of measurements to each track based on some predefined statistical models, which will be called Multi Detection - Joint Integrated Probabilistic Data Association (MD-JIPDA). Since this scheme suffers from exponential increase of association hypotheses, also a new approximation scheme is presented. The second method is an extension for the special case, when the number and locations of measurements are a priori known. In preparation of this method, a new notation and computation scheme for the standard Joint Integrated Data Association is outlined, which also enables the derivation of a new fast approximation scheme called balanced permanent-JIPDA.

For state filtering, also two different concepts are applied: the Random Matrix Framework and the Measurement Generating Points. For the Random Matrix framework, first an alternative prediction method is proposed to account for kinematic state changes in the extension state prediction as well. Secondly, various update methods are investigated to account for the polar to Cartesian noise transformation problem. The filtering concepts are connected with the new MD-JIPDA and their characteristics analyzed with various Monte Carlo simulations.

In case an object can be modeled by a finite number of fixed Measurement Generating Points (MGP), also a proposition to track these object via a JIPDA filter is made. In this context, a fast Track-to-Track fusion algorithm is proposed as well and compared against the MGP-JIPDA.

The proposed algorithms are evaluated in two applications where scanning is done using radar sensors only. The first application is a typical automotive scenario, where a passenger car is equipped with six radar sensors to cover its complete environment. In this application, the location of the measurements on an object can be considered stationary and that it has a rectangular shape. Thus, the MGP based algorithms are applied here. The filters are evaluated by tracking especially vehicles on nearside lanes.

The second application covers the tracking of vessels on inland waters. Here, two different kind of Radar systems are applied, but for both sensors a uniform distribution of the measurements over the target's extent can be assumed. Further, the assumption that the targets have elliptical shape holds, and so the Random Matrix Framework in combination with the MD-JIPDA is evaluated. Exemplary test scenarios also illustrate the performance of this tracking algorithm.

Contents