



Doctoral Thesis

A comparative study of nonlinear tracking algorithms

Author(s):

Bagnaschi, Luca Livio

Publication Date:

1991

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-000614752> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Diss. ETH No. 9544

H. P. Geering

A Comparative Study of Nonlinear Tracking Algorithms

A dissertation submitted to the
SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY ZURICH
for the degree of
Doctor of Technical Sciences

presented by
LUCA LIVIO BAGNASCHI
Dipl. Masch. Ing. ETH
born April 3, 1961
citizen of Italy

accepted on the recommendation of
Prof. Dr. H.P. Geering, examiner
Prof. Dr. R. Longchamp co-examiner

1991

Summary

In this thesis new approaches to the planar tracking problem are investigated. The tracking problem involves the estimation of the location and the velocity of a nonstationary target based on noisy bearing-angle measurements. This problem is a nonlinear filtering problem. An exact finite dimensional solution of this problem does not exist. Therefore approximate filters must be derived to obtain implementable algorithms. The standard approach is based on the linearisation of the nonlinearities around the current state estimates (extended Kalman filter). It turns out that the performance of the extended Kalman filter is usually very poor. This is the motivation for the investigation of new methods to derive approximate tracking filters.

As a starting point for the development of new tracking algorithms the exact filters for three classes of problems are studied. First the linear Gaussian problem is presented (Kalman filter). Then systems with a potential and linear measurements are considered (Benes and extended Benes filter). The last class covers all finite dimensional problems (solution with immersion). The possibilities to derive approximate algorithms from the exact filters associated with each problem class are discussed and compared with the EKF.

The problems of the EKF are essentially a consequence of the linearisation around the current state estimates. These sensitivity problems are avoided only by using filtering algorithms where the state estimates are not used as reference. The only implementable filter algorithm for the tracking problem under consideration that fulfills this condition is the exact maximum a posteriori probability filter. An efficient implementation of the filter is presented. Simulation results show its superior performance with respect to the EKF.

Zusammenfassung

In dieser Arbeit werden verschiedene neue Ansätze zur Lösung des ebenen Trackingproblem untersucht. Das Trackingproblem besteht aus der Schätzung der Position und der Geschwindigkeit eines nichtstationären Zielen auf der Basis von verrauschten Peilwinkelmessungen. Dieses Filterungsproblem ist nichtlinear und hat keine exakte Lösung. Es müssen deswegen approximative Algorithmen entwickelt werden. Die am meisten benützte Methode besteht aus der Linearisierung der Nichtlinearitäten um den Schätzwert (Erweitertes Kalman Filter). Diese Algorithmen zeigen aber in der Regel schlechte Ergebnisse. Das ist der Anlaß für die Suche nach neuen Methoden zur Herleitung approximierter Filter.

Am Anfang der Entwicklung von neuen Algorithmen für das Trackingproblem steht die Untersuchung von drei Klassen von exakten Filtern. In der ersten Klasse wird das lineare Gaußsche Problem (Kalman Filter) dargestellt. In der zweiten sind Systeme präsentiert, die ein Potential und eine lineare Messgleichung haben (Benes und Erweitertes Benes Filter). In der letzten Klasse werden endlichdimensionale Problemen untersucht (Lösung durch Immersion). Die Möglichkeiten approximierter Filtern aus den exakten Algorithmen herzuleiten, bildet mit dem Vergleich mit dem Erweiterten Kalman Filter den zweiten Teil der Arbeit. Anschließend werden diese Filter für das Trackingproblem angewendet und diskutiert.

Die Sensitivität auf die momentanen Schätzungen ist eines der Hauptprobleme beim Entwurf von Trackingfiltern, die auf einer Linearisierung beruhen. Diese Sensitivität kann nur eliminiert werden, indem man Algorithmen benützt, die vom Schätzwert unabhängig sind. Der einzige implementierbare Algorithmus, der diese Bedingung erfüllt, ist das exakte "maximum a posteriori probability" Filter. Eine effiziente Implementation wird präsentiert. Simulationsresultate zeigen seine Überlegenheit im Vergleich zum erweiterten Kalman Filter.