

Markov Chain Monte Carlo Methods for Monitoring Applications

Doctoral Thesis

Author(s):

Huck, Stephan

Publication date:

2014

Permanent link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-010276726>

Rights / license:

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

DISS. ETH NO. 22015

**MARKOV CHAIN MONTE CARLO METHODS FOR
MONITORING APPLICATIONS**

A thesis submitted to attain the degree of
DOCTOR OF SCIENCES of ETH ZURICH
(Dr. sc. ETH ZURICH)

presented by

Stephan Huck

Dipl.-Ing., Technische Universität Berlin, Germany

born on 21.05.1981

citizen of Germany

accepted on the recommendation of

Prof. Dr. John Lygeros (examiner)
Dr. Andrea Lecchini-Visintini (co-examiner)
Prof. Dr. Petter Ögren (co-examiner)

2014

Abstract

Monitoring problems encompass a wide variety of objectives and scenarios, starting from environmental health monitoring over search and rescue missions to security applications, such as intruder detection. The capabilities of autonomous vehicles can contribute to the field of monitoring eminently, e.g., vehicles can be deployed in environments that are hazardous for humans. In many monitoring applications the objectives can be formulated as optimization problems. The complexity of these problems dictates the use of global optimization methods. Markov Chain Monte Carlo (MCMC) methods are a class of algorithms originating in statistical inference, that can be deployed for global optimization too. However, in the field of monitoring and surveillance only limited approaches of these algorithms exist that are directly applied to autonomous vehicles.

The main methodological contribution of this thesis is the development of a novel MCMC algorithm to conduct global optimization in the context of environmental monitoring. The algorithm is tailored to the implementation on autonomous systems by incorporation of physical constraints. It is strongly supported by the established theoretical results, which guarantee the existence of a unique stationary distribution. Furthermore, the monitoring approach is extended to surveillance problems. The MCMC algorithm forms the basis of a stochastic patrolling framework for pan-tilt-zoom (PTZ) cameras. Finally, the development of an experimental platform, that utilizes micro helicopters, is described. The platform can be used to validate monitoring algorithms as well as other control algorithms.

Zusammenfassung

Aufgaben im Bereich "Monitoring" umfassen ein breites Spektrum an Zielsetzungen und Szenarien, angefangen mit der Beobachtung des Umweltzustandes, über Such- und Rettungseinsätze bis hin zu Sicherheitsanwendungen wie das Aufspüren von Eindringlingen. Die Fähigkeiten von autonomen Fahrzeugen sind im Monitoring-Bereich von bedeutendem Nutzen. Zum Beispiel können Fahrzeuge in Umgebungen eingesetzt werden, die für Menschen gefährlich sind. Die Zielsetzung vieler Monitoring-Applikationen kann als Optimierungsproblem formuliert werden. Die Komplexität dieser Probleme erfordert die Verwendung von globalen Optimierungsmethoden. Markov Chain Monte Carlo Methoden (MCMC) sind eine Klasse von Algorithmen, die ihren Ursprung im Bereich der statistischen Inferenz haben, aber auch zur globalen Optimierung eingesetzt werden können. Allerdings existieren im Monitoring-Bereich nur wenige Ansätze, welche die unmittelbare Anwendung dieser Algorithmen auf autonomen Fahrzeugen ermöglichen.

Der methodische Schwerpunkt dieser Dissertation ist die Entwicklung eines neuen MCMC Algorithmus zur globalen Optimierung im Rahmen des Umwelt-Monitorings. Indem physikalische Grenzen und Beschränkungen berücksichtigt werden, ist der Algorithmus zur Implementierung auf autonomen Systemen ausgelegt. Der Algorithmus wird durch die erarbeiteten, theoretischen Ergebnisse abgestützt, welche die Existenz einer eindeutigen stationären Verteilung garantieren. Im Weiteren wird der Monitoring-Ansatz auf Überwachungsprobleme übertragen. Der MCMC Algorithmus bildet dabei die Basis eines stochastischen Patrouille-Systems für Schwenk-/Neigekopf Kameras (PTZ). Schließlich wird die Entwicklung eines experimentellen Versuchsstandes präsentiert, bei dem Miniatur-Helikopter zum Einsatz kommen. Der Versuchsstand kann zur Validierung von Monitoring-Algorithmen und anderer regelungstechnischer Algorithmen verwendet werden.