

Graduiertenkolleg 1103
Embedded Microsystems



Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

Probabilistic Models for Autonomous Systems

Statusbericht

Patrick Pfaff

Betreuer: Prof. Dr. Wolfram Burgard
Lehrstuhl: Autonome Intelligente Systeme

Freiburg, im September 2008



Institut für Informatik



Institut für Mikrosystemtechnik

1 Aktueller Stand der Promotion

Die Promotion ist abgeschlossen. Die Disputation fand am 7. Juli 2008 statt.

2 Zusammenfassung der Dissertation

Meine Arbeit befasst sich mit der probabilistischen Modellierung und Verarbeitung von Sensorinformationen durch mobile Roboter. Seit einigen Jahren gewinnt der Einsatz von Robotern im täglichen Leben mehr und mehr an Bedeutung. Um Roboter sicher und effizient in der realen Welt einsetzen zu können, müssen diese in der Lage sein, die Unsicherheit in ihren Wahrnehmungen und Handlungen zu berücksichtigen. Beim Navigieren mit mobilen Robotern entstehen diese Unsicherheiten immer dann, wenn ein Roboter Steuerungskommandos ausführen soll und mit ungenauen oder stör anfälligen Sensoren ausgestattet ist, um Informationen aus der Umgebung wahrnehmen zu können. Der Schlüssel, um mit diesen Unsicherheiten umgehen zu können, liegt in der Verwendung von probabilistischen Modellen zu sehen. Die Modellierung der Wahrnehmungen und ausführbaren Aktionen sind essentiell, wenn autonome Systeme Aufgaben wie beispielsweise das Kartieren von Umgebungen, Lokalisierung oder Pfadplanung erfüllen sollen.

Der Beitrag dieser Arbeit besteht aus neuartigen probabilistischen Sensormodellen zum Lokalisieren von autonomen Systemen und zum Erstellen von Umgebungskarten. Die Modelle, die im Zusammenhang mit der probabilistischen Lokalisierung entwickelt wurden, stellen einen allgemeineren Ansatz als existierende Techniken dar und ermöglichen deshalb eine sicherere und effizientere Lokalisierung. Diese Eigenschaft liegt darin begründet, dass die Modelle, die wir in dieser Arbeit präsentieren, von der aktuellen Position des Roboters abhängen und die statistischen Abhängigkeiten zwischen den Sensormessungen, der aktuellen Positionsschätzung und der Umgebungskarte berücksichtigen können. Aufgrund der fundamentalen Herangehensweise, ist es nicht notwendig, wie in früheren Ansätzen häufig vorgeschlagen, diese Modelle künstlich anzupassen und zusätzliche Umgebungs- und Datenabhängige Heuristiken einzuführen. Darüber hinaus betrachten wir die statistischen Abhängigkeiten zwischen einzelnen Messungen einer Laser-Entfernungsmessung, was insbesondere aufgrund der approximativen Repräsentation des Posteriors über die aktuelle Position des Roboters erforderlich ist. Als Folge dessen erreichen wir eine effizientere und genauere Lokalisierung, da uns diese Techniken ermöglichen, mehr Sensormessungen als bisherige Ansätze gleichzeitig zur Positionsschätzung auszuwerten. Als weiteren Vorteil ziehen unsere neuartigen Modelle mögliche Diskontinuitäten, wie sie im allgemeinen Fall existieren, in Betracht. Diese Diskontinuitäten verursachen ernsthafte Probleme da Entfernungssensoren direkt Distanzmessungen liefern und treten beispielsweise auf, wenn ein Roboter nahe an Ecken oder Hindernissen vorbeifährt oder wenn ein Roboter in einer sehr unstrukturierten Umgebung operiert. In diesen Situation führen geringe Änderungen in der Roboterposition zu sprunghaften Veränderungen in der Wahrnehmung des Roboters. Deshalb ist es notwendig, diese Fälle zu modellieren, um einen substantiellen Abfall der Performanz der Lokalisierung zu verhindern. In dieser Arbeit wenden wir deshalb Gauß'sche Mischmodelle an, um sowohl einzelne Entfernungsmessungen als auch komplette Scans, die aus mehreren Entfernungsmessungen bestehen, zu modellieren. In praktischen Experimenten und unter Verwendung von echten Daten, die von mobilen Robotern aufgenommen wurden, vergleichen wir unsere Ansätze mit existierenden Methoden. Dabei demonstrieren wir den substantiellen Gewinn, der erreicht wird, wenn sowohl die Abhängigkeiten zwischen einzelnen Messungen als auch die möglichen Fluktuationen in den Sensormessungen des Roboters in Betracht gezogen wird.

Der Beitrag dieser Arbeit im Bereich der Kartierung liegt im Bereich neuartiger dreidimensio-

naler Modelle für die Navigation im Innen- und Außenbereich. Wir stellen sowohl das Konzept von erweiterten Höhenkarten (Extended Elevation Maps) als auch das Konzept einer Erweiterung dieser Idee auf mehrere Ebenen (Multi-Level Surface Maps) vor. Die Multi-Level Surface Map ermöglicht, zur gleichen Zeit vertikale Objekte und mehr als eine befahrbare Ebene der Welt zu modellieren. In praktischen Experimenten haben wir diese Datenstruktur angewendet, um weitläufige Gebiete im Aussenbereich zu Kartieren, autonome Roboter aufgrund dieser Karten zu lokalisieren und unbekannte Gebiete mit autonomen Fahrzeugen zu explorieren.