

Schriftenreihe des Instituts für
Werkzeugmaschinen, Roboter und Montageanlagen
der Technischen Universität Hamburg-Harburg

Band 21

Michael Prange

**Modulares Steuerungssystem
für Autonome Mobile Roboter**

Shaker Verlag
Aachen 2010

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.: Hamburg-Harburg, Techn. Univ., Diss., 2010

Copyright Shaker Verlag 2010

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

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8322-9279-9

ISSN 1868-7105

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

Internet: www.shaker.de • E-Mail: info@shaker.de

Modulares Steuerungssystem für Autonome Mobile Roboter

Michael Prange

Ziel der vorliegenden Arbeit war, einen autonomen mobilen Roboter aus Standardkomponenten aufzubauen und dafür ein modulares und leistungsfähiges Steuerungssystem basierend auf Standardsoftware zu entwickeln. Der Einsatzbereich dieser Forschungsplattform sollte zunächst auf Transportaufgaben in Büroumgebungen beschränkt sein. Bei der Auswahl der Komponenten standen Modularität und Offenheit der Schnittstellen vor Ausreizung von technischen Möglichkeiten durch Speziallösungen. Die Implementierung des Steuerungssystems sollte mit objektorientierten Standards auf einem PC möglich sein. Ein Vergleich mit anderen Forschungsprojekten im Bereich autonomer mobiler Robotik hat gezeigt, daß die gewählte Sensorik und Aktorik vergleichbar mit der anderer Systeme und für den Anwendungsfall in Büroumgebungen gut geeignet ist.

Grundlage für eine zielgerichtete und geplante Navigation von autonomen mobilen Robotern ist eine für die Einsatzumgebung geeignete Umweltrepräsentation. Dazu gehören auch die zugehörigen Verfahren zur Kartenerstellung und Selbstlokalisierung. Für die Forschungsplattform wurde ein integriertes Weltmodell entwickelt, das die Vorteile metrischer und topologischer Weltmodelle kombiniert. Da nicht von einer exakten Gebäudekarte ausgegangen und keine künstlichen Landmarken verwendet werden sollten, wurde als globales topologisches Weltmodell ein zusammenhängender gerichteter Graph definiert, dessen Knoten und Kanten mit Attributen versehen sind. Die Knoten repräsentieren dabei die markanten natürlichen Landmarken der Einsatzumgebung, die durch lokale metrische Weltmodelle als Rasterkarten abgebildet werden, deren Koordinatensysteme unabhängig voneinander sind, so daß eine absolute Positionsbestimmung des autonomen mobilen Roboters nur in Bezug auf den jeweils aktuellen Knoten erfolgen muß. Zur Erleichterung der Navigation können für die typischen Übergänge zwischen den Knoten und Kanten jeweils Referenzdaten für die Sensorik gespeichert werden, beispielsweise Laserscans oder Kamerabilder. Zusätzlich zu vordefinierten Bahnkurven in den Knoten und an den Kanten können zur Unterstützung der lokalen Navigation auch Fahrverhalten für Büroumgebungen konfiguriert werden.

Basierend auf der entwickelten Umweltrepräsentation wurde für die Forschungsplattform ein kombiniertes Navigationsverfahren bestehend aus topologischen, metrischen und verhaltensbasierten Komponenten entwickelt. Die globale Wegeplanung erfolgt dabei im topologischen Graphen mit Hilfe des Dijkstra-Algorithmus. Sie liefert als Ergebnis eine Folge von Knoten und Kanten bis zum Zielknoten. Bei der Ausführung eines Fahrauftrages erfolgt innerhalb der Knoten jeweils eine metrische Bahnplanung vom Eintrittspunkt zum Austrittspunkt. Zusätzlich zur relativen Positionsbestimmung durch Koppelnavigation kann innerhalb der Knoten auch eine absolute Positionsbestimmung mittel „Scan Matching“ Algorithmen basierend auf den Daten der abstandsmessenden Sensoren erfolgen. Zur Unterstützung der lokalen Navigation können auch reaktive Verhaltensmuster verwendet werden, beispielsweise zum Folgen einer Wand oder zum Durchfahren einer Tür. Während der Ausführung eines Fahrauftrages ist aus Sicherheitsgründen ferner permanent eine reaktive Kollisionsvermeidung aktiv.

Eine leistungsfähige Steuerungsarchitektur ist die Voraussetzung für eine modulare und effiziente Implementierung von Navigationsverfahren für autonome mobile Roboter. Für die Forschungsplattform wurde als Steuerungsarchitektur ein hybrides Modell entwickelt, bei dem reaktive und deliberative Komponenten als Verhalten modelliert und in parallel laufenden Prozessen ausgeführt werden können. Die entwickelte Client-Server-Kommunikation ermöglicht dabei die gleichzeitige Nutzung der physischen Sensoren und Aktoren des autonomen mobilen Roboters durch mehrere Verhalten. Eine Verhaltenskoordination durch Bewertungsfunktionen ist insbesondere für den gleichzeitigen Zugriff auf Aktoren notwendig. Durch Einführung von abstrakten Sensoren und Aktoren ist ferner eine hierarchische Anordnung von Verhalten mit unterschiedlichem Abstraktionsgrad möglich.

Die Implementierung der entwickelten Umweltrepräsentation, Navigationsverfahren und Steuerungsarchitektur für den autonomen mobilen Roboter und deren Validierung durch Testfahrten waren neben der Entwicklung und dem Aufbau der Forschungsplattform ein zentraler Bestandteil der vorliegenden Arbeit. Die Testergebnisse sowie ein Vergleich mit anderen Forschungsprojekten im Bereich autonomer mobiler Robotik haben gezeigt, daß die für die Forschungsplattform entwickelten Modelle und Verfahren für den Einsatz in Büroumgebungen gut geeignet sind und ein modulares und leistungsfähiges Steuerungssystem für autonome mobile Roboter darstellen.