

R. A.

## **Verfahren zur Selbstkalibrierung von Lokalisationssystemen basierend auf drahtlosen Sensornetzen**

## **Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:**

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek: Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de/> abrufbar.

Dieses Werk sowie alle darin enthaltenen einzelnen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsschutz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlanges. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen, Auswertungen durch Datenbanken und für die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronische Systeme. Alle Rechte, auch die des auszugsweisen Nachdrucks, der fotomechanischen Wiedergabe (einschließlich Mikrokopie) sowie der Auswertung durch Datenbanken oder ähnliche Einrichtungen, vorbehalten.

Copyright © 2010 Diplom.de  
ISBN: 9783842814530

**R. A.**

# **Verfahren zur Selbstkalibrierung von Lokalisationssystemen basierend auf drahtlosen Sensornetzen**



R. A.

## **Verfahren zur Selbstkalibrierung von Lokalisationssystemen basierend auf drahtlosen Sensornetzen**

R. A.

**Verfahren zur Selbstkalibrierung von Lokalisationssystemen basierend auf drahtlosen Sensornetzen**

ISBN: 978-3-8428-1453-0

Herstellung: Diplomica® Verlag GmbH, Hamburg, 2011

Zugl. Bayerische Julius-Maximilians-Universität Würzburg, Würzburg, Deutschland, Diplomarbeit, 2010

---

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtes.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Die Informationen in diesem Werk wurden mit Sorgfalt erarbeitet. Dennoch können Fehler nicht vollständig ausgeschlossen werden und der Verlag, die Autoren oder Übersetzer übernehmen keine juristische Verantwortung oder irgendeine Haftung für evtl. verbliebene fehlerhafte Angaben und deren Folgen.

© Diplomica Verlag GmbH

<http://www.diplomica.de>, Hamburg 2011

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>SNoW Bat: Ein 3D Lokalisationssystem</b>	<b>7</b>
2.1	SNoW Bat . . . . .	7
2.2	HashSlot . . . . .	8
2.3	Lokalisationsalgorithmen . . . . .	9
2.3.1	Trilateration und Multilateration . . . . .	9
2.3.2	IVoted3D . . . . .	11
2.3.3	Vergleich der Lokalisationsverfahren . . . . .	14
2.4	Distanzfilterung . . . . .	15
<b>3</b>	<b>Selbstkalibrierungsverfahren</b>	<b>18</b>
3.1	Das Explorer-Verfahren . . . . .	18
3.1.1	Der Algorithmus . . . . .	19
3.1.2	Lokalisierung des mobilen Knotens . . . . .	20
3.1.3	Kalibrierung der Anker . . . . .	23
3.2	Das Include-Exclude-Verfahren . . . . .	30
3.2.1	Schritt 1: Einschränkung von $A_m$ durch Inklusion . . . . .	30
3.2.2	Schritt 2: Einschränkung von $A_m$ durch Exklusion . . . . .	31
3.2.3	Schritt 3: Einschränkung der Ankergebiete $A_{a_i}$ durch Exklusion . . . . .	34
3.2.4	Implementierung und Umgang mit fehlerbehafteten Distanzen . . . . .	34
3.2.5	Voraussetzungen für eine erfolgreiche Einschränkung der Gebiete . . . . .	39
3.3	Das Distribute & Erase-Verfahren . . . . .	47
3.3.1	Der Algorithmus . . . . .	47
3.3.2	Lokalisationsalgorithmen . . . . .	50
3.3.3	Konsistente Ankeranordnung und match-Vorgang . . . . .	53
3.3.4	Bewertung der Lokalisationen . . . . .	56
3.3.5	Verbesserung der Lokalisationsgenauigkeit . . . . .	60
3.3.6	Adaptive Kalibrierung . . . . .	70
<b>4</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>74</b>
4.1	Kalibrierungs- und Lokalisationsgenauigkeit . . . . .	75
4.2	Vor- und Nachteile der Selbstkalibrierungsverfahren . . . . .	79
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>84</b>

<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>86</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>88</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>90</b>



# 1 Einleitung

Die Fortschritte der letzten Jahre in der Elektronik und drahtlosen Kommunikation haben die Entwicklung von Netzwerken, bestehend aus kleinen, billigen und energieeffizienten Sensorknoten ermöglicht. Ein Sensorknoten kann Eigenschaften der Umgebung, wie z.B. die Temperatur, wahrnehmen, Daten verarbeiten und mit anderen Sensorknoten kommunizieren, typischerweise über einen Funkkanal. Drahtlose Sensornetzwerke (engl. wireless sensor networks (WSN)) können Aufgaben in den verschiedensten Bereichen übernehmen, und es werden immer neue Einsatzorte gefunden. Einige Beispiele, in denen WSN eingesetzt werden:

- Die Überwachung der Wasserqualität durch Proben ist arbeitsintensiv und kann deshalb nur lokal erfolgen. WSNs können große Gebiete überwachen und schneller vor Gefahren warnen.
- Katastrophen-Erkennung: Waldbrände und Wasserfluten können früher erkannt und präziser lokalisiert werden, wenn gefährdete Gebiete mit WSNs überwacht werden.
- Die Ortung von Waren, Fahrzeugen und Personen kann die Verwaltung von Lagern erleichtern.

Sowohl das Forschungs- als auch das kommerzielle Interesse an WSNs ist in den letzten Jahren exponentiell gestiegen [11]. Das Magazin Technology Review <sup>1</sup> bezeichnete im Jahr 2003 drahtlose Sensornetzwerke als eine von “10 emerging technologies that will change the world“[16].

Obige Beispiele machen aber deutlich, dass Sensordaten häufig erst in Verbindung mit einer Orts- und Zeitangabe zu gebrauchen sind. Die Position eines Sensorknoten kann sowohl statisch als auch mobil sein. Während mobile Knoten fortlaufend lokalisiert werden müssen, können Knoten mit statischen Positionen einmalig nach der Installation vermessen werden. Das händische Ermitteln der Positionen für alle statischen Anker ist allerdings sehr aufwendig und nur mit entsprechendem Equipment genau. Um die Dauer der Installationsphase zu verkürzen, wurden bereits mehrere Verfahren zur Selbstkalibrierung untersucht.

---

<sup>1</sup>Technology Review ist ein Magazin des Massachusetts Institute of Technology (MIT), das über Technologien berichtet, die das Leben verändern.

Capkun et al. haben in [9] ein Verfahren vorgestellt, das auf der Messung von Distanzen zwischen den statischen Knoten basiert. Die Knoten erzeugen lokale Koordinatensysteme, aus denen anschließend ein globales Koordinatensystem für das WSN erzeugt wird. In vielen WSN, insbesondere in SNoW Bat [7], kann die Distanz zwischen zwei statischen Knoten ohne Anpassung der Hardware aber nicht bestimmt werden.

Für die Lokalisation von Sensorknoten in Freiluft haben Sichertiu and Ramadurai [19] ein GPS-basiertes Verfahren vorgestellt. Statt jeden Knoten mit einem teuren GPS-Empfänger auszustatten, wurde nur ein mobiler Knoten mit GPS eingesetzt. Die Positionen der statischen Knoten wurde durch die Distanz zwischen den statischen und dem mobilen Knoten und der mobilen Position ermittelt. GPS-basierte Verfahren eignen sich aufgrund des schlechten Empfangs aber nicht für den Einsatz in Räumen. Desweiteren ist die erreichte Lokalisationsgenauigkeit von 1-2 m unzureichend genau.

Eine höhere Genauigkeit (0,35 m) erzielten Moses et al. [14], durch den Einsatz von Sensoren, die sowohl die time-of-arrival (TOA) als auch die direction-of-arrival (DOA) messen konnten. Auch die DOA kann in den meisten WSNs nicht ohne Veränderung der Hardware gemessen werden.

Menegatti et al. haben die Einsatzmöglichkeiten von WSNs in Verbindung mit AMRs (engl. Autonomous Mobile Robots) untersucht. In [13] haben sie die Selbstkalibrierung eines WSN mit einem AMR vorgestellt, der seine Position mit Hilfe von zwei Odometer an den Antriebsrädern bestimmen kann.

Ziel dieser Arbeit ist die Entwicklung eines Selbstkalibrierungsverfahrens für drahtlose Sensornetze, das lediglich auf kleinen, kostengünstigen und energieeffizienten Sensorknoten basiert. Die statischen Knoten sind mit einem Ultraschallempfänger, die mobilen Knoten mit einem Ultraschallsender ausgestattet. Statische als auch mobile Knoten besitzen einen Funk-Transceiver zur Kommunikation.