

Präzise Lokalisierung von hoch miniaturisierten und ressourcenlimitierten Funkmodulen in großen drahtlosen Geosensornetzwerken

AUTOREN

Frank Reichenbach

In dieser Dissertation werden Algorithmen zur Realisierung einer präzisen Lokalisierung auf extrem kleinen drahtlosen Sensorfunkmodulen vorgestellt.

Derartige Module, bestehend aus einer Batterie, einem Prozessor und Speicher, bilden in ihrer Gesamtheit flächenmäßig große Geosensornetzwerke (GSN), die z.B. bei der Präzisionslandwirtschaft eingesetzt werden können. Die allgemeine Aufgabe des GSNs ist die Messwertaufnahme physikalischer Umgebungsdaten durch integrierte Sensoren. Aufgrund der zukünftig anvisierten Größe und des geringen Preises der Sensorfunkmodule (nur wenige Millimeter und Preise im Bereich von einigen Cent pro Stück) sind deren Leistungsfähigkeit und Energiereserven im Allgemeinen stark limitiert.

Eine wesentliche Eigenschaft in solchen GSNs ist das Lokalisationsbewusstsein jedes Sensorfunkmoduls, um z.B. einen erfassten Umweltparameter einem bestimmten Raumausschnitt zuzuordnen zu können. Da derzeitige Methoden zur Lokalisierung noch zu ungenau oder bisher noch nicht auf den ressourcenarmen Sensorknoten ausführbar sind, besteht noch Forschungs- und Entwicklungsbedarf. Ein möglicher Lösungsansatz ist die Installation eines kommerziellen Lokalisierungssystems, wie z.B. das Global Positioning System (GPS) auf einigen wenigen leistungsstärkeren Modulen. Diese sogenannten Referenzfunkmodule stellen ihre Position dann den restlichen Sensorfunkmodulen im Netzwerk zur Verfügung. Durch Ermittlung von Distanzen, wie z.B. der Laufzeit einer elektromagnetischen Welle zwischen zwei

Modulen, ist es anschließend möglich durch geeignete Lokalisierungsalgorithmen eine Position auf jedem Sensorfunkmodul zu bestimmen.

Es wurden vielfach approximative Algorithmen zur Bestimmung einer „groben“ Position vorgestellt, die weit aus weniger Ressourcen reservieren, aber auch einen großen Schätzfehler beinhalten. Dieses Problem besitzen exakte Lokalisierungsverfahren hingegen nicht, da sie die hohe Anzahl verfügbarer Referenzfunkmodule im GSN ausnutzen. Exakte Algorithmen basieren meist auf der Aufstellung eines überbestimmten Systems aus Euklidischen Distanzgleichungen, welches erst linearisiert und anschließend in ein Minimierungsproblem durch die Methode der kleinsten Quadrate überführt wird. Zur Lösung dieser sogenannten Ersatzaufgabe existieren zahlreiche effiziente Verfahren, wie z.B. die Normalgleichung, die QR-Faktorisierung oder die Singulärwertzerlegung. Der wesentliche Nachteil dieser Verfahren besteht jedoch in den hohen Ressourcenanforderungen, die Sensorfunkmodule keinesfalls erfüllen können.

Hierfür bieten sich vielfach Optimierungsansätze unter Ausnutzung der speziellen Eigenschaften von Geosensornetzwerken, wie der hohen Modulanzahl oder der verschiedenen Modultypen, an. Aus diesen Gründen wurde der „Distributed Least Squares“-Algorithmus (DLS) im Rahmen dieser Arbeit entwickelt. Bei DLS werden unter anderem Berechnungsschritte der Gesamtberechnung intelligent im Netz verteilt, ohne eine nachteilige Erhöhung des Kommunikationsaufwands zu verursachen. Zudem verhindert DLS Redundanz bei der Berechnung, was die Ressourcen der Sensorknoten unnötig belasten würde. Optimierungen ermöglichen eine sofortige Abarbeitung der Daten am Eingang

eines Sensorfunkmoduls, wodurch nur minimale Speicheranforderungen entstehen.

Simulationen im Paketsimulator J-Sim, welcher von der University of Ohio entwickelt und leicht modifiziert wurde, ergaben, dass dadurch auf den Sensorfunkmodulen Recheneinsparungen um 47% bei Nutzung der Normalgleichung und bis zu 99% bei Nutzung der QR-Faktorisierung erzielt werden können. Weiterhin konnte gezeigt werden, dass DLS den Energieverbrauch der bisher verwendeten Standardlokalisierung um 86% reduziert.

Abschließend wurde DLS erfolgreich auf einer aktuell verwendeten Plattform für GSNs, dem Chipcon CC1010, realisiert und in einer Innenumgebung erprobt, wodurch auch eine praktische Ausführbarkeit demonstriert werden konnte.

Dissertation an der Fakultät für Informatik und Elektrotechnik der Universität Rostock, verteidigt am 23. November 2007

GUTACHTER:

Prof. Dr.-Ing. D. Timmermann, Rostock
Prof. Dr.-Ing. R. Bill, Rostock
Prof. Dr. rer. nat. S. Fischer, Lübeck

AUTOR:

Dr.-Ing. Frank Reichenbach
Institut für Angewandte Mikroelektronik und Datentechnik, Universität Rostock
Richard-Wagner Str. 31, 18119 Rostock-Warnemünde
frank.reichenbach@uni-rostock.de