

Christopher Hase

Schwarmbasiertes Multipath-Routing in Sensornetzen

Diplomarbeit

BEI GRIN MACHT SICH IHR WISSEN BEZAHLT



- Wir veröffentlichen Ihre Hausarbeit, Bachelor- und Masterarbeit
- Ihr eigenes eBook und Buch - weltweit in allen wichtigen Shops
- Verdienen Sie an jedem Verkauf

Jetzt bei www.GRIN.com hochladen
und kostenlos publizieren



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.

Impressum:

Copyright © 2006 GRIN Verlag
ISBN: 9783640187195

Dieses Buch bei GRIN:

<https://www.grin.com/document/116792>

Christopher Hase

Schwarmbasiertes Multipath-Routing in Sensornetzen

GRIN - Your knowledge has value

Der GRIN Verlag publiziert seit 1998 wissenschaftliche Arbeiten von Studenten, Hochschullehrern und anderen Akademikern als eBook und gedrucktes Buch. Die Verlagswebsite www.grin.com ist die ideale Plattform zur Veröffentlichung von Hausarbeiten, Abschlussarbeiten, wissenschaftlichen Aufsätzen, Dissertationen und Fachbüchern.

Besuchen Sie uns im Internet:

<http://www.grin.com/>

<http://www.facebook.com/grincom>

http://www.twitter.com/grin_com

Diplomarbeit

**Schwarmbasiertes Multipath-Routing in
Sensornetzen**

vorgelegt von

Christopher Hase
Berlin, den 4. April 2006

Abkürzungen

ABC	Ant-Based Control
ACO	Ant Colony Optimization
ACQP	Acquisitional Query Processing
BE	Best Effort
CCR	Corner-Cube Retroreflector
CD	Collision Detection
CSMA/CA	Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance
DV/DRP	Distance Vector / Dynamic Receiver Partitioning
FF	Flooded Forward Ant Routing
FP	Flooded Piggybacked Ant Routing
FRM	Foraging Region Membership
GPS	Global Positioning System
IFR	Inter Foraging Region
IFZ	Intra Foraging Zone
MANET	Mobile Ad Hoc NETwork
MFR	Most Forward with fixed Radius
MPE	Minimum-Path-Energy
NFP	Nearest with Forward Progress
PSO	Particle Swarm Optimization
RR	Rumor Routing
RTS/CTS	Ready to Send/Clear to Send
SC	Sensor-driven and cost-aware routing
SCSP	Shortest Common Supersequence Problem
SMTWTP	Single Machine Total Weighted Tardiness Problem
SRT	Semantic Routing Tree
TSP	Travelling Salesman Problem
UAV	Unmanned Air Vehicles

Notationen

Namen von Personen werden in KAPITÄLCHEN dargestellt, englische Begriffe *kursiv* und Ausdrücke aus dem Programmquelltext, sowie auch z. B. Nachrichtentypen und Attribute in Schreibmaschinenschrift. Wichtige Begriffe werden zur Auszeichnung **halbfett** geschrieben.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Motivation	1
1.2	Ziele	2
1.3	Probleme	2
1.4	Aufbau der Arbeit	3
2	Grundlagen	4
2.1	Sensornetze	4
2.1.1	Einsatzgebiete	5
2.1.2	Design	5
2.1.3	Besonderheiten	7
2.1.4	Kommunikation	8
2.1.5	Technologien	11
2.1.6	Anwendungen	12
2.2	Schwarmintelligenz	13
2.2.1	Selbstorganisation und Emergenz	13
2.2.2	Modellierung schwarmbasierter Verhaltensweisen	14
2.2.3	Mechanismen	15
2.2.4	Vorteile	17
2.2.5	Schwarmbasierte Anwendungen	17
2.2.6	Ausblick	23
3	Routing in Sensornetzen	24
3.1	Allgemeine Konzepte	24
3.1.1	Fluten und Gossiping	25
3.1.2	Multipath-Routing	26
3.1.3	Aggregation	26
3.1.4	Energiebewusstes Routing	27
3.2	Strategien	28
3.2.1	Datenzentrisches Routing	29
3.2.2	Lokationsbewusstes Routing	32
3.2.3	Hierarchisches Routing	35
3.2.4	Andere Arten von Routing	36
3.3	Systeme	36
3.3.1	Cougar	36
3.3.2	TinyDB	37
3.3.3	TiNA	38
3.4	Verwandte Arbeiten	38
3.4.1	Schwarmbasiertes Multipath-Routing in MANETs	38
3.4.2	Schwarmintelligenz in Sensornetzen	39

3.4.3	Amorphous Computing	42
3.4.4	Andere	43
4	Ein schwarmbasierter Routing-Algorithmus für Sensornetze	44
4.1	Anforderungen an den Algorithmus	45
4.2	Bestimmung eines angestrebten Schwarmverhaltens	45
4.2.1	Energieeffizientes Multipath-Routing	47
4.2.2	Ein Ansatz für Sensornetze	49
4.3	Interaktionsmechanismen	51
4.3.1	Etablierung von Pfaden: Erforschen und Fluten	51
4.3.2	Positives und negatives Feedback	53
4.3.3	Aggregation	55
4.4	Strategie des Algorithmus	56
4.4.1	Nachrichtentypen	56
4.4.2	Reguläre Arbeitsweise	57
4.4.3	Erweiterungen	60
5	Implementierung	75
5.1	Eingesetzte Software	75
5.1.1	C++	75
5.1.2	OTcl	75
5.1.3	Der Netzwerk-Simulator ns-2	75
5.2	Routing-Agent	77
5.3	Pakete	80
5.4	Vergleichs-Algorithmus	82
6	Simulation und Evaluierung	84
6.1	Simulationsszenarien	84
6.1.1	Aufbau	84
6.1.2	Parameter des Schwarm-Algorithmus	87
6.2	Vergleich der Algorithmen	97
6.2.1	Topologie T1	97
6.2.2	Topologie T2	99
7	Zusammenfassung	103
7.1	Bewertung	104
7.2	Ausblick	104
	Literaturverzeichnis	107

Kapitel 1

Einleitung

Sensornetze stellen eine neuartige Technologie dar, deren Realisierung erst durch technische Fortschritte der letzten Jahre, wie die Entwicklung immer kleinerer Computerkomponenten, ermöglicht wurde. Im Vergleich zu herkömmlichen Computer-Netzwerken bestehen Sensornetze aus einer vergleichsweise großen Anzahl von Knoten. Mittels diverser Sensoren sind die Knoten in der Lage, Ereignisse in ihrer Umgebung wahrzunehmen.

Die Aufgabe der Sensorknoten ist die Beobachtung der Umwelt und das Berichten besonderer Ereignisse an eine Basisstation. Sensornetze stellen somit eine Verbindung zwischen der realen Welt und der informationstechnischen Welt der Computer dar [1].

Sensornetze müssen zur Selbstorganisation im Stande sein: Zum einen erschwert die große Anzahl der Knoten eine effektive Wartung. Zum anderen existieren Ansätze, um Sensornetze in schwer zugänglichen Gebieten fernab der Zivilisation einzusetzen. Sensorknoten werden i. Allg. mittels einer Batterie betrieben. Falls sie keine Möglichkeit - wie z.B. Solarzellen - besitzen, um sich wieder aufzuladen, ist ihre Lebenszeit begrenzt.

Auf dem Weg bis zur Integration dieser Technologie in unser alltägliches Leben sind noch zahlreiche Herausforderungen zu lösen. Ein Mittel dazu könnte Schwarmintelligenz darstellen.

Schwarmintelligenz ist ein Konzept, welches durch Verhaltensweisen von Schwärmen (besonders die von Ameisen bei der Nahrungssuche) inspiriert wurde. Das Ziel dieses Ansatzes ist es, spezielle Verhaltensweisen zu imitieren und in technischen Anwendungen somit auch deren Vorteile zu nutzen. Bei Schwärmen entsteht scheinbar intelligentes Verhalten aufgrund der Interaktionen der einzelnen Individuen, welche selbst nur ein einziges, individuelles Ziel verfolgen. Durch die spezielle Art der Interaktion wird der Schwarm zu mehr als nur der Summe seiner einzelnen Teile. Ein besonderer Vorteil im Hinblick auf die technische Umsetzung dieses Verhaltens ist die Tatsache, dass Individuen in Schwärmen größtenteils ohne direkte Kommunikation auskommen. In verteilten Systemen stellt Kommunikation, ganz abgesehen von den damit verbundenen Problemen der zeitlichen Verzögerung, auch einen Ressourcen belastenden Prozess dar [2].

1.1 Motivation

Schwarmbasierte Algorithmen besitzen einige besondere Eigenschaften, die sie für den Einsatz in Sensornetzen prädestinieren:

- Schwärme bestehen aus einer großen Anzahl von Individuen, trotzdem sind sie in der Lage, sich effektiv selbst zu organisieren, und sie sind gemeinsam zu erstaunlichen Leistungen fähig [2, 3]. Informationstechnische schwarmbasierte Anwendungen, die diese Eigenschaften erfolgreich imitieren, besitzen damit eine gute Skalierbarkeit. Zeigen schwarmbasierte Routing-Algorithmen für gebräuchliche Kommunikationsnetzwerke bereits beachtliche

Leistungen, so sollte dies im Besonderen auch für Sensornetze gelten, die sich durch eine außerordentlich große Anzahl von Knoten auszeichnen.

- In Schwärmen existiert keine zentrale Kontrollinstanz, statt dessen resultiert ihre Selbstorganisation aus den Interaktionen relativ homogener Individuen. Dadurch verhalten sich schwarmbasierte Anwendungen robust gegenüber dem Ausfall einzelner Komponenten. Die Verhaltensmuster der einzelnen Individuen in Schwärmen sind vergleichsweise simpel. Da diese Verhaltensmuster darüber hinaus identisch sind, erleichtert dies die Implementierung schwarmbasierter Algorithmen [2].

Das *Amorphous Computing Project* am *Massachusetts Institute of Technology* hat es sich zum Ziel gesetzt, Mechanismen zu identifizieren, mittels deren sich große Mengen programmierbarer Einheiten beobachten, kontrollieren und organisieren lassen.¹ Ein Computer-Netzwerk, welches diese Mechanismen nutzt, wird als *Amorphous Computer* bezeichnet. Eine mögliche Anwendung dieser Technologie wären „programmierbare Materialien“, d.h. Materialien, die Sensorknoten enthalten, aber noch darüber hinausgehende Möglichkeiten besitzen, aktiv auf ihre Umwelt einzuwirken.

Ein Anwendungsbeispiel wäre *smartskin* für Flugzeuge: Dieses Material besteht aus einem Netzwerk aus Sensoren und beweglichen mechanischen Teilen, die in den Flügel eingebettet sind. Der Flügel kann sich an die aerodynamischen Gegebenheiten anpassen und immer die effizienteste Form für die gegenwärtigen Bedingungen annehmen [4].

1.2 Ziele

Zahlreiche technische Probleme im Bereich der Sensornetze sind noch weitgehend ungelöst, so z.B. die Frage eines möglichst effizienten Energiemanagements.

Ziel dieser Arbeit ist die Entwicklung eines schwarmbasierten Routing-Algorithmus, der es ermöglicht, die Ressourcen eines Sensornetzes effizient zu nutzen. Dies soll die Lebenszeit des Netzwerks verlängern und gleichzeitig eine möglichst große Abdeckung des mittels Sensoren überwachten Gebietes ermöglichen.

Multipath-Routing hat sich als Strategie zur energieeffizienten Verteilung der Netzlast in Sensornetzen bewährt [5]. Deshalb soll in dieser Arbeit der Einsatz von Multipath-Routing mittels eines schwarmbasierten Mechanismus entwickelt werden.

Sensornetze sind in zahlreichen Szenarien für eine Vielfalt von Aufgaben einsetzbar. Der entwickelte Algorithmus soll einfache, universell einsetzbare Mechanismen nutzen, um ein möglichst breites Einsatzgebiet zu ermöglichen.

1.3 Probleme

Selbstorganisation ist in Schwärmen kein Ergebnis zielgerichteter Bemühungen, sondern manifestiert sich *emergent*. Dies bedeutet, dass Organisation nur ein Nebeneffekt der kombinierten Verhaltensweisen sämtlicher Individuen ist. Es ist allerdings kaum erforscht, wie sich Algorithmen entwerfen lassen, die Leistungen zeigen, für die sie nicht explizit entwickelt wurden [4].

Zur Entwicklung eines Ansatzes werden in dieser Arbeit die Mechanismen bewährter (schwarmbasierter und anderer) Routing-Algorithmen analysiert. Um den besonderen Bedingungen in Sensornetzen zu genügen, ist es notwendig, die adaptierten Mechanismen anzupassen.

¹<http://www.swiss.csail.mit.edu/projects/amorphous/>

1.4 Aufbau der Arbeit

Im folgenden Kapitel 2 werden die Grundlagen dieser Arbeit erläutert.

In Abschnitt 2.1 werden Eigenschaften von Sensornetzen diskutiert. Hierbei wird auf Unterschiede zwischen verschiedenen Anwendungen eingegangen und es werden existierende Technologien vorgestellt.

In Abschnitt 2.2 wird auf das Prinzip der Schwarmintelligenz eingegangen. Es werden grundlegende Mechanismen und zwei schwarmbasierte Routing-Algorithmen besprochen.

In Kapitel 3 werden aktuelle Routing-Algorithmen für Sensornetze vorgestellt, die unterschiedliche Strategien verfolgen. Es werden einige aktuelle Systeme vorgestellt, die es gestatten, das Sensornetz wie eine verteilte Datenbank abzufragen. Abschließend wird auf verwandte Arbeiten eingegangen.

Anschließend wird in Kapitel 4 ein schwarmbasierter Routing-Algorithmus entwickelt, der eine Multipath-Strategie verfolgt. Zuerst werden lokale Mechanismen entwickelt, die ein erwünschtes globales Verhalten des Algorithmus erzeugen sollen. Diese Mechanismen werden anschließend in einen Algorithmus integriert.

In Kapitel 5 wird näher auf die Implementierung eines Routing-Agenten eingegangen, der den erarbeiteten Algorithmus ausführt. Außerdem wird näher auf die Simulationsumgebung eingegangen.

Der Algorithmus wurde in mehreren Szenarien getestet und mit einem alternativen Routing-Algorithmus verglichen. Die Auswertung diverser Versuche befindet sich in Kapitel 6.

Abschließend wird in Kapitel 7 die geleistete Arbeit zusammengefasst und bewertet. Ferner wird ein Ausblick auf weiterführende und ausstehende Aspekte der Arbeit gegeben.
