

Entwicklung eines Multiagentsystem zur kooperativen Erkundung einer 2D- Simulationsumgebung

Michael Vojer, Markus Schober, Dominik Kevin Schindele, Stefan
Harnisch, Gerrit-Maximilian Söffler und Marco Mehlmann

Matrikelnummer: 3579565, 5102260, 4144198, 9782508, 3244237,
3290611

E-Mail: michael.vojer@studium.fernuni-hagen.de,
markus.bf2@hotmail.com, schindele.dominik@gmail.com,
harnisch.stefan@gmail.com, maxsoeffker@arcor.de,
marcokadur@gmail.com

Studiengang: Informatik B.Sc., Informatik B.Sc., Praktische
Informatik M. Sc., Praktische Informatik M. Sc., Informatik B.Sc.,
Informatik B.Sc.,

Studium in: Vollzeit (Dominik Kevin Schindele, Gerrit-Maximilian
Söffler) und Teilzeit (Michael Vojer, Markus Schober, Stefan
Harnisch, Marco Mehlmann)

Bearbeitungsdauer: 1 Semester

Betreuer: Prof. Dr. habil. Zhong Li

1. Problemstellung

1.1. Motivation

In diesem Gruppenprojekt werden verschiedene Ansätze simuliert, um den Punkt zu bestimmen, ab dem keine weitere Verbesserung bei der Erkundung eines unbekannten Gebiets – dargestellt als 2D-Umgebung – erreicht wird.

Die Exploration unbekannter Gebiete ist ein relevantes Problem für die Informatik, weil sie viele Herausforderungen mit sich bringt, die auch in der digitalen Welt auftreten.

- Zum Beispiel geht es darum, wie man effizient und sicher neue Wege, Datenstrukturen oder Algorithmen entdeckt und nutzt.
- In der Robotik, bei autonomen Fahrzeugen oder in der Künstlichen Intelligenz ist es wichtig, unbekannte Umgebungen zu erkunden, um neue Informationen zu sammeln und Entscheidungen zu treffen.
- Außerdem hilft die Erforschung unbekannter Gebiete dabei, Probleme zu lösen, die mit Unsicherheit, begrenzten Ressourcen oder unvorhersehbaren Situationen verbunden sind.

Insgesamt trägt die Untersuchung dieser Themen dazu bei, intelligentere und anpassungsfähigere Systeme zu entwickeln.

Aktuell wird im Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) – Institut für Robotik und Mechatronik an einem Prototyp „Lightweight Rover Unit (LRU)“ gearbeitet für den Einsatz bei zukünftigen planetaren Explorationsmissionen und terrestrischen Katastropheneinsätzen.

1.2. Aufgabenstellung

Das Ziel besteht darin, ein prototypisches Multiagentensystem zu entwickeln, in dem autonome Roboter ein unbekanntes 2D-Gebiet kartieren. Dabei sollen die autonomen Agenten kooperativ agieren und gemeinsam eine Wissensbasis aufbauen, indem sie über Nachrichtenprotokolle miteinander kommunizieren.

1.3. Intendierte Ergebnisse

- 1. Version:

Wir möchten durch den Einsatz der folgenden Methoden der Informatik unsere Projektziele erreichen: Zunächst bauen wir eine klare Architektur des Multiagentensystems auf, die die Zusammenarbeit der autonomen Roboter, also der Agenten, ermöglicht. Dabei setzen wir Algorithmen ein, um den Informationsaustausch zwischen den Robotern zu steuern und eine gemeinsame Wissensbasis zu schaffen. Des Weiteren spezifizieren wir die Algorithmen, die den Robotern helfen sollen, das unbekannte 2D-Gebiet effizient zu kartieren. Dazu gehören beispielsweise Pfadplanungsalgorithmen, die Kollisionsvermeidung sowie Strategien für den Informationsaustausch. Im nächsten Schritt entwickeln wir einen

funktionierenden Prototyp, der die Zusammenarbeit der Roboter demonstriert und die Kartierung des Gebiets in einer simulierten Umgebung mit Hindernissen ermöglicht. Abschließend werten wir die Ergebnisse anhand verschiedener Metriken aus und stellen diese gegenüber, um zu validieren, welche Strategie in einer idealisierten 2D-Umgebung die „beste“ ist.

- 2. Version:

Im Rahmen unseres Projekts setzen wir gezielt Methoden der Informatik ein, um die Effizienz und Effektivität der Multiagentensysteme zu optimieren. Zunächst konzipieren wir eine strukturierte Architektur des Systems, die die autonome Zusammenarbeit der Roboter (Agenten) ermöglicht. Dabei werden Algorithmen implementiert, die den Informationsaustausch steuern und eine gemeinsame Wissensbasis aufbauen. Im nächsten Schritt spezifizieren wir die Algorithmen zur effizienten Kartierung eines unbekannten 2D-Gebiets, wobei Schwerpunkte auf Pfadplanung, Kollisionsvermeidung und Informationsmanagement liegen. Zur Validierung entwickeln wir einen funktionalen Prototyp, der die Koordination der Roboter demonstriert und die Kartierung in einer simulierten Umgebung mit Hindernissen realisiert. Abschließend erfolgt eine umfassende Auswertung der Ergebnisse anhand definierter Metriken, um die Performance verschiedener Strategien zu vergleichen und diejenige zu identifizieren, die in einer idealisierten 2D-Umgebung die beste Lösung darstellt.

2. Aktueller Stand der Technik

Multiagentensysteme zur kooperativen Erkundung unbekannter Gebiete werden in der Praxis bislang nur selten eingesetzt und dann meist in vereinfachter Form realisiert. Bestehende Lösungen setzen typischerweise auf eine zentrale Kontrollinstanz, welche die Erkundungsaufgaben koordiniert und den einzelnen Einheiten konkrete Anweisungen erteilt.

Dementsprechend verfügen die beteiligten Agenten oder Roboter nur über stark eingeschränkte Autonomie bei der Gebietserkundung. Vollständig dezentral organisierte Teams, in denen jeder Agent eigenständig Entscheidungen über sein nächstes Erkundungsziel trifft, sind in realen Anwendungen bislang die Ausnahme.

Gleichzeitig wird in der Forschung intensiv an fortschrittlichen Ansätzen gearbeitet, um die Zusammenarbeit solcher Systeme ohne zentrale Steuerung zu ermöglichen.

Dazu zählen beispielsweise frontier-basierte Verfahren, die auf der Nutzung von Erkundungsgrenzen beruhen, sowie verteilte Entscheidungsmodelle für eine autonome Koordination. Obwohl diese Konzepte in Simulationen und Laborumgebungen bereits vielversprechende Ergebnisse zeigen, sind sie in der Praxis bislang kaum über experimentelle Erprobungen hinausgekommen.

3. Lösungsidee

- Welche Ideen haben Sie zur Lösung des Problems?
 - Zur Überprüfung des Problems entwickeln wir einen funktionalen Prototyp, der die Koordination der Roboter demonstriert und die Kartierung in einer simulierten Umgebung mit Hindernissen realisiert.

Exposé zur Abschlussarbeit/Seminararbeit/Fachpraktikum

- Mit welchen Schritten wird die Lösungsidee realisiert?
 - Mit welchen Methoden der Informatik werden die intendierten Ergebnisse der Arbeit (s.o.) erreicht?
 - Die intendierten Ergebnisse der Arbeit werden durch verschiedene Methoden der Informatik erreicht. Dazu gehört die Entwicklung der Architektur eines Multiagentensystems, der Einsatz von Algorithmen, die Erstellung eines Prototyps sowie die Auswertung der Ergebnisse anhand von 2-dimensionalen Metriken. Diese Methoden ermöglichen es, das System zu strukturieren, die gewünschten Funktionen umzusetzen, praktische Tests durchzuführen und die Ergebnisse objektiv zu bewerten.
 - Warum sind diese angemessen, um die Ergebnisse mit der notwendigen Qualität zu erreichen?
 - Diese Vorgehensweise ist angemessen, weil sie es ermöglicht, die Algorithmen in einer realistischen Umgebung zu testen und ihre Funktionsweise anschaulich zu beobachten. Durch die visuelle Darstellung und die direkte Anzeige der Daten in einer Metrik können mögliche Fehler oder Optimierungspotenziale frühzeitig erkannt werden. So wird sichergestellt, dass die Ergebnisse eine hohe Qualität haben, da sie auf praktischen Tests basieren und der Ablauf Schritt für Schritt nachvollzogen werden kann.
- Wie wird im Rahmen der Arbeit geprüft (validiert), ob die Ergebnisse korrekt sind, d.h. das Problem tatsächlich lösen?
 - Die Ergebnisse werden anhand festgelegter Metriken überprüft und miteinander verglichen, um die Leistungsfähigkeit der verschiedenen Strategien zu bewerten und diejenige mit der besten Performance zu identifizieren.
- Welche Unsicherheiten bleiben ggf. als offene Fragen für Folgearbeiten bestehen?
 - Da es sich um eine idealisierte 2D-Umgebung handelt, besteht Unsicherheit hinsichtlich der Übertragbarkeit der Ergebnisse auf reale Szenarien, insbesondere in Bezug auf die Erfassung aller relevanten Parameter. Beispielsweise können unterschiedliche Untergründe die Bewegungsfähigkeit der Agenten beeinträchtigen, während bewegliche Hindernisse die Kommunikationsqualität stören können. Zudem können variierende Wetterbedingungen zu Performance-Einbußen führen, was die Robustheit und Effizienz der Systeme in realen Einsatzsituationen beeinflusst.

4. Vorläufige Gliederung

Gliederung:

- Keywords
- Einleitung
- Darstellung des Problems
- Beschreibung der Simulationsbedingungen
- Benennung der eingesetzten Methoden/Algorithmen/Ansätze
- Darstellung der Ergebnisse
- Fazit und mögliche Weiterentwicklungsmöglichkeiten

5. Vorläufiger Zeitplan

- Abfolge der notwendigen Schritte:
 - Erstellung des Exposés
 - Simulation programmieren
 - Ausarbeitung anfertigen
 - PowerPoint Folien anfertigen
- Die Gruppenteilnehmer kommen wöchentlich im Rahmen des Projekts zusammen, um Ergebnisse zu diskutieren sowie Aufgaben zu erarbeiten und zu verteilen.
- **Meilensteine:**
 - Abgabe des Exposés – Mitte Mai
 - Abgabe der Vorversion des Projekts – 03. August 2025
 - Abgabe der Finalversion des Projekts – 24. August 2025
 - Gruppenvortrag – Termin unbekannt

6. Ausgangsliteratur

- Michael Wooldridge, Introduction to Multiagent Systems, John Wiley and Sons, 2002, ISBN 0-471-49691-X