



UNIVERSITÄT ZU LÜBECK
INSTITUT FÜR
THEORETISCHE INFORMATIK

Vorlage für die \LaTeX -Klasse »uzl-thesis« zur Nutzung bei Bachelor- und Masterarbeiten an der Universität zu Lübeck

*Template for the \LaTeX Class "uzl-thesis" for Bachelor's and Master's Theses
Written at the University of Lübeck*

Bachelorarbeit

verfasst am

Institut für Theoretische Informatik

im Rahmen des Studiengangs

Robotik und autonome Systeme

der Universität zu Lübeck

vorgelegt von

Patrick Ugwu

ausgegeben und betreut von

Prof. Dr. Javad

mit Unterstützung von

Harry Hilfreich

Lübeck, den 1. Januar 2024

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre hiermit an Eides statt, dass ich diese Arbeit selbständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe.

Patrick Ugwu

Zusammenfassung
Es ist nicht leicht

Abstract
It is

Danksagungen
This is the place

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Beiträge dieser Arbeit	2
1.2	Related Work	2
1.3	Aufbau dieser Arbeit	4
2	CollabSim	5
2.1	Backend	5
2.2	Frontend	6
3	user test	7
3.1	Methodik	7
3.2	Ergebnisse und Diskussion	8
4	Zusammenfassung und Ausblick	9
5	tex semantik	10
5.1	Section 1	10
5.2	section2	10

1

Einleitung

1. **Einleitung** (ca. 10- Einführung in das Thema der Schwarmrobotik und die Bedeutung von Simulationen - Problemstellung und Zielsetzung der Untersuchung - Kurze Erklärung der Bedeutung von kollaborativem Arbeiten und herkömmlichen Simulatoren in diesem Kontext

2. **Literaturüberblick** - Übersicht über relevante Arbeiten zur Schwarmrobotik und Simulationstechniken - Diskussion über die Vor- und Nachteile von kollaborativem Arbeiten und herkömmlichen Simulatoren - Identifizierung von Forschungslücken in Bezug auf die direkte Vergleichbarkeit von kollaborativem Arbeiten und herkömmlichen Simulatoren in der Schwarmrobotik

- Einführung in das Thema der Schwarmrobotik und die Bedeutung von Simulationen zeitlich?? include HRI?? collab besonders relevant für schwärme?

Kollaboration ist seit vielen .. -collab überall, im herz der forschung + nutzer? Robotik .. Schwarmrobotik .. Simulation überall aber besonders in Robotik + aufbau von simulationen (xml, physics engin, viz, ..) alles zusammen-keine collab sim gefunden, nicht untersucht *****siehe ba preprint*****

pros, bedeutung von Simulatoren (gerade in robo, in 2.): preis ersparnis testumgebung(underwater), in 2.)verhindern von schäden durch fehlerhafte software/algos variationen beim testen, mit verschiedenster hardware quellen erwähnen [],[],...

warum collab mit schwarm und nicht allgemein?????

Warum dieses thema? + problem/frage?:

schwarm bietet sich für collab an (old papers [?], schhwierigkeiten der HCI -> control of swarm)

warum ist/könnte kollab in robosim nützlich sein -> kollab vorteile

relevanz:

trends: günstigere Technik -> ermöglicht Robotik -> Schwarm -> collab

pros von sim: ..

stand der Simulatoren : nicht effizient + flexibel, keine collab

[3,9,...]

1.1 Beiträge dieser Arbeit

- Formulierung der Forschungsfrage und Zielsetzung deiner Arbeit
 - was will ich lösen/zeigen? tool to combine collab, flex and effi: argos bringt flex und effi, ich bringe collab -> schwarm daher nutzung von argos naheliegend
 - hilft collab?
 - Forschungsfrage: ist collab in schwarm sim sinnvoll/potenzial
 - Ziel: frage beantworten oder zumindest tendenz zu erschließen überprüfen, ob collab bei sim sinnvoll/ potenzial durch nutzertest
 - (Beiträge Ihrer Arbeit zur Forschung oder zum Fachgebiet Hier können Sie auf die neuen Erkenntnisse, methodologischen Innovationen oder praktischen Implikationen Ihrer Arbeit eingehen und damit verdeutlichen, welchen Wert Ihre Forschung für die Fachgemeinschaft hat.)

1.2 Related Work

Grundlagen der Schwarmrobotik und Simulation

- Zusammenfassung der relevanten Literatur und früheren Arbeiten zum Thema
- bedeutung von sim in robo: [2]computer simulation hat sich bewiesen, anhand besonders für mobile autonome robos (inkludiert schwarm) 1. robos sind zerbrechlich, potenziell gefährlich, schwer zu testen + entwickel (because of their complexity) fähigkeit vorher software zu testen minimiert(mitigate) die gefahren und kosten 2. development + research of software possible without the hardware/robots + robots come from offsite, at large expense?? 3. ability to test robotic software in situations that are not feasible to create in reality 4. ability to run hundreds or thousands of trials for the purposes of learning robot control algorithms, crucial if hand coding is difficult

[6] bedeutung von sim in robo simulation has been important since the beginning of robotics, essential tool in teaching, research, and development (mit extra quellen => proven) to design and test the feasibility of complex systems explore design options,

(use cases:) assist in off-line programming of robot systems ??, evaluate the performance of robotic cells, develop virtual environments for operator training or teleoperation, nor test advanced robot control algorithms .

The role of simulation is also important as teaching and learning the fundamental physics and robotic fundamentals, very hard to grasp without actual experimentation and visualization.

can be costly => an excellent alternative of doing experiments and testing systems away from the dangers and unpredictability of the physical world.

bedeutung von sim:[3] prob:Improvement of robotics for agricultural application however requires experimenting, as well as evaluating, for finding the optimum solution. Experimenting with the physical robots and sensors in an actual field, is not always possible due to the time constraints, unavailability of equipment, and the operation costs

lsg:To accelerate this pace, simulation methods can provide an affordable framework for experimenting with different sensing and acting mechanisms in order to verify the performance functionality of the robot in different scenarios

[10]example?: sim is huge in [10]: Experimentation with underwater robots is normally very difficult due to the high number of resources required. A water tank –high enough for the systems to be tested– is normally needed, which requires significant space and maintenance. Another possibility is to access to open environments such as lakes or the sea, but this normally involves high costs and requires special logistics.

very difficult for researchers (operating in the surface) to observe the evolution of the running system

essential sim qualities(ideal sim)[2]: accurate physics high quality rendering open source multi platform easy with ros

daher brauch es sim, der:[10] (i) develop and test the systems before they are deployed, and (ii) supervise a real underwater task where the developers do not have a direct view of the system bisher meist projekt spezifisch, obsolet oder commercial

- Identifizierung von Forschungslücken oder Diskussionen in der Literatur forschungslücke collab in robo sim

collab trend[7] The growing trend towards tools that enable collaboration [andere quellen]

Since around 2005, interest in collaborative editors has again increased sharply with the advent of Web 2.0, and the first web-based tools appeared (e.g., Wikis and Blogs). Collaborative solutions that allowed shared editing in real-time and were based on web technologies gradually became widespread. Such tools gained a lot of popularity as many of them were free to use

is a broad field of research is a hot topic in research and in practice

- Beschreibung verschiedener Simulationsansätze und ihrer Bedeutung für die Robotik ansätze?: spiel - specific - general - modular ?? architekturen, fokus?, ..

geschichte der sim- aus spiel zu eigenen sim, aus projektspezifisch zu general [6]sim history: its development has been tightly related to the developments in computing The massification of personal computing during the 90s contributed to the development of several publicly available software tools for robotic manipulator modeling and simulation. Some of these tools included: XAnimate [8], the Robotics Toolbox for Matlab [9], and the Robotica package for Mathematica [10]. During the late 90s, the focus of attention shifted towards manipulation, grasping and mobile robots. This trend led to the development of GraspIt! [5], a simulator for robotic grasping, and numerous tools for simulating and interfacing with various mobile robot platforms. The list of programming libraries, simulation tools and packages can be quite long, however, among those open-source tools that have achieved some degree of sustained development it is possible to mention Carmen [14],ODE [19], OpenRave [22], OpenSim [23], the Player-Stage-Gazebo (PSG) project [16], UsarSim [25].

- Überblick über die Grundkonzepte der Schwarmrobotik und deren Anwendungen bedeutung von robos:[3]

prob:Modern farms are expected to produce more yields with higher quality at lower expenses in a sustainable way that is less dependent on the labor force. Implementation of digital farming and site-specific precision management are some of the possible responses to this expectation

For example, instantaneous yield monitoring and estimating the required time for harvesting operation is a labor intensive task, ignored, or is carried out manually Curr-

ently, there are no reports of a commercial robotic platform that can simultaneously map the yield parameters on-the-go prior to harvesting becoming a critical problem with increasing the uncertainties about the future availability of the labor force that is willing to accept tedious jobs in the harsh greenhouse condition manual data sampling implies high costs and low accuracy and is significantly influenced by the interpretation of the person involved

lsg: The functionality of robots when combined with data processing, analyzing models, and artificial intelligence will assist farmers to manage their fields and plants more efficiently

- Diskussion über die Herausforderungen und Vorteile von Simulationen in der Schwarmrobotik
herausforderungen : user feedback paper, accuracy, performance, .. [6] sim problems/challenges: Researchers, developers and educators have a hard time to decide which is the right tool for mobile robot simulation -> solved by surveys some sim have this, some that -> impliziert das keiner alles hat

Vorteile:

1.3 Aufbau dieser Arbeit

structure

1 introduction 102. mein sim 25 dia, erklärung der einzelnen komponenten je komponente eine section (codebeispiele??) 3. user test 253.1 methodik 3.2 ergebnisse 3.3 auswertung/Diskussion 4. Ergebnisse + evaluation 305 con 5-106 bibliography

2

CollabSim

The simulation tool developed for this study, called CollabSim, combines collaborative functionality with the well established simulator ARGoS. The underlying structure of CollabSim is shown in Fig. 1.

Das für diese Arbeit entwickelte Simulationswerkzeug, genannt CollabSim, kombiniert kollaborative Funktionen mit dem gut etablierten Simulator ARGoS.

CollabSim ist das für diese Arbeit entwickelte Simulationswerkzeug, welches kollaborative Funktionen mit dem weit verbreiteten Simulator ARGoS verbindet. In Fig. 1 ist die grundlegende Struktur von CollabSim dargestellt

- Beschreibung der verwendeten Simulationen und Tools

2.1 overview

backend, für die Übertragung aller daten, wobei als zentrale instanz der kommunikation fungiert. einerseits leitet er die bearbeiteten, für die simulation erforderlichen dateien zu einer virtuellen Maschine weiter und koordiniert die ausführung der dort benötigten befehle. andererseits sorgt er für die Echtzeitsynchronisation aller im frontend entwickelten dateien um die kollaboration zwischen allennutzern zu ermöglichen.

frontend, Angular Angular got introduced for a frontend development

2.2 Webserver

The webserver, written in python, handles all communication between the Frontend, backend and the virtual machine running ARGoS. The server is launched using the two python software packages Flask, a – and socketio, a –. The bulk of the code provides the communication between front- and backend utilising a websocket. The websocket is build using socketio and contains x events for realtime synchronisation of all written text.

2.3 VM

ARGoS requires a Unix (or Mac?) operating systems only, therefore such a system is needed for running the simulation. To Da ARGoS nur unter Unix betriebssystemen läuft, wird ein solches system für die simulation des schwarms und der umgebung benötigt. Daher wurde eine virtuelle

ARGoS

ARGoS ist einer der wenigen Simulatoren, die Effizienz und Flexibilität in einem Maße umsetzen, welches erforderlich ist, um die Echtzeitsimulation von Tausenden von Robotern zu ermöglichen.

Argos is one of the few simulation environments that achieves both efficiency and flexibility, enabling real-time simulation of thousands of robots. Therefore, it is a suitable and well-established simulator in the field of swarm robotics. In CollabSim, Argos is utilized to simulate all aspects of the simulation, including ..

webviz

Webviz is a plugin developed for argos, enabling the visualization of the simulated environment through the web. It hosts a websocket using the available information from argos and builds a application to view and control the simulation. This enables all users to see the same simulation running while visiting the site, which is essential for collaborative work on this simulation.

zusätzliche

zusätzliche programme innerhalb der vm, py und bash skript

2.4 websocket

Der datenaustausch aller komponente ist durch websockets verwirklicht, eine möglichst schnelle kommunikation zu ermöglichen. andere kommunikationsarten sind meist langsamer und damit für echtzeitanwendungen weniger gut geeignet

der austausch wurde im webserver Mittels SocketIO umgesetzt. einem Python softwarepaket,

2.5 ace

The — editor Ace is used as a base for all code editing of the application. There are two instances where code is being edited. Firstly the configuration file for argos, written in the — language Xml and secondly a controller file, written in C++.

Xml

eine xml datei ist für die konfiguration der scene verantwortlich

Cpp

eine cpp datei sorgt zusätzlich für den kontrollalgorithmus der von den vorhandenen robotern genutzt wurde.

2.6 IFrame

Ein IFrame ist – und ermöglicht das darstellen des inhaltes einer bestehenden internet-seite. Daher ist er ideal um die, durch webviz erstellte webanwendung, in CollabSim zu integrieren. Das erstellen eines eigenen clients wäre ebfalls eine option zur Darstellung der simulation. jedoch kann dies sehr umfangreich werden und ist, für die Erforschung des möglichen einflusses von kollaborativen Arbeiten im bereich der robiktsimulation, von geringem interesse.

3

user test

- Darstellung der Funktionsweise und Merkmale beider Simulationsansätze

3.1 Methodik

- Beschreibung der Methoden, die du zur Durchführung deiner Untersuchung verwendet hast wer waren Versuchspersonen task in beiden umgebungen + survey

- Details zur Durchführung der Experimente und zur Datenerfassung die probanden haben .. dabei habe ich gefragt/gemessen was jeder...

- Erläuterung deiner Herangehensweise und Begründung der Methodenwahl da keine voranstehende Arbeit da begrenzt zeit im rahmen einer ba arbeit

- Erklärung der Kriterien und Metriken, die zur Bewertung der Simulationsansätze herangezogen wurden

- Erläuterung des experimentellen Aufbaus und der Durchführung der Vergleichsstudie

- task: —

- erfasste Daten:

- Wie leicht war es, mit anderen Freiwilligen in der Simulation zusammenzuarbeiten? Welche Aspekte der Simulation haben die Kollaboration unterstützt oder behindert? Konnten Sie effektiv mit der Simulationsumgebung interagieren, um die gestellten Aufgaben zu lösen? verbesserungsvorschläge?

- 2.entwurf————— task: platzieren von hindernissen an bestimmten stellen, -> customisable environment platzieren und anpassen von robos -> customisable robot models robo verhalten erweitern (aus verhalten einen aspekt rauslösen?) -> testing of control algos

- Qualitative results - based on responses received from the surveys. These give a picture of user experience and preference.

- pre How often do you use computers? How would you rate your knowledge about (swarm) robotics? How would you rate your experience in programming robots or robot swarms? How would you rate your experience in simulating robots or robot swarms?

- post ease 1. I think that I would like to use this system frequently - usable + ease 7. I would imagine that most people would learn to use this system very quickly -ease

usability How do you rate the clarity and usability of the simulation? - Usability How do you rate the clarity and usability of the collaboration functions? - Usability, collab gut umgeetzt? 8. I found the system very cumbersome to use - implementation of features or just argos??? Were you able to form a accurate projection from your mental picture of the environment? - Accuracy 5. I found the various functions in this system were well integrated - woran hats gelegen (falls nicht gut)

collab 2. I found the system/collab functions unnecessarily complex -> war collab unnötig 9. I felt very confident using the system - usable/easy to understand, well integrated features 10. I needed to learn a lot of things before I could get going with this system - no robo exp or not usable/understandable

How would u rate each simulation? - overall + for comparission -> success?

Quantitative results - from robot trajectory and related information These serve as performance metrics that tell us whether there is an actual difference in how well the participants performed, between interfaces. recording task completion recording task completion time (clicks, how many clicks -> much looking around/wondering -> lacking clarity???) . . . and other related data

——metriken——— og Qualitative results - based on responses received from the surveys. These give a picture of user experience and preference. Quantitative results - from robot trajectory and related information (recording task completion time, swarm trajectory, collision count, and other related data) These serve as performance metrics that tell us whether there is an actual difference in how well the participants performed, between interfaces.

in ba Metrics from two categories will be applied in the evaluation. The Performance category includes metrics such as effectiveness, accuracy, and response time, which have a measurable impact on the usability and performance of the respective HSI. The User Experience category includes metrics such as user-friendliness, immersion, and workload, which represent a subjective assessment by the participants and have an indirect influence on performance [12]. —————

3.2 Ergebnisse und Diskussion

Ergebnisse - Präsentation und Diskussion deiner Forschungsergebnisse - Grafische Darstellung von Daten und statistische Analysen - Vergleich der Leistung von kollaborativem Arbeiten und herkömmlichen Simulatoren anhand der definierten Metriken - Interpretation der Ergebnisse im Hinblick auf deine Forschungsfrage(n) und Hypothesen

Diskussion - Interpretation deiner Ergebnisse im Kontext der vorhandenen Literatur - Reflexion über mögliche Einschränkungen deiner Studie / Reflexion über die Stärken und Schwächen der durchgeführten Studie und mögliche Verbesserungen - Diskussion über die praktischen Implikationen der Ergebnisse für die Schwarmrobotik-Forschung und -Entwicklung - Vorschläge für zukünftige Forschung

4

Zusammenfassung und Ausblick

6. **Schlussfolgerung und Ausblick (ca. 5-10- Zusammenfassung der wichtigsten Erkenntnisse und Schlussfolgerungen - Ausblick auf zukünftige Forschungsrichtungen, die sich aus den Ergebnissen ergeben, und potenzielle Anwendungen von kollaborativem Arbeiten in der Schwarmrobotik

6. **Schlussfolgerung und Ausblick (ca. 5- Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse und Erkenntnisse deiner Arbeit/Schlussfolgerungen, die sich aus deiner Arbeit ergeben lässt sich tendenz erkennen, was sagen die Ergebnisse aus

- Bewertung der Bedeutung deiner Forschungsergebnisse für die Robotik und Simulation Ursprungsfrage beantworten

- Ausblick auf potenzielle weitere Forschungsbereiche und Anwendungsmöglichkeiten/-Ausblick auf mögliche Implikationen und Anwendungsbereiche deiner Forschung erweiterte Funktionen? in allen sind sinnvoll?

5

tex semantik

5.1 Section 1

section 1

5.2 section2

section 2

Some code:

```
print(1+1=3)
```

Hier kommt
ein Zeilenumbruch
eine Aufzählung:

1. first
2. second...

andere Aufzählung:

Stier ist ein tierkmfekmfkemfekmfekmfekmfekgjengjnrg gne jgnenge ngjegne geg egen-
gen g g jegeigjeigei gj eg gje gje igje gie geigjeig egje g jegiejgi egi egi geigjeig
stein ist kein tier

noch eine aüfzählung:

- number one....
- number two...

Subsection 1

.... Figure

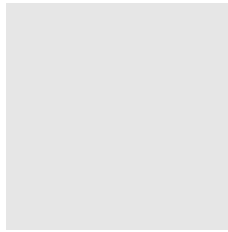


Abbildung 5.1: Figure Discription

Subsection 2

...

For tables:

Tabelle 5.2: Table description

Animal	Sound
Cat	Meow
Dog	Wuff or bark