

Freie Universität Berlin

Bachelorarbeit am Institut für Informatik der Freien Universität Berlin

Arbeitsgruppe Robotik

Untersuchung der Effizienz von RRT* bei autonomen Autos

Bernd Sahre

Matrikelnummer: 4866892

besahre@zedat.fu-berlin.de

Betreuer: Prof. Dr. Daniel Göhring

Eingereicht bei: Prof. Dr. Daniel Göhring

Zweitgutachter: Prof. Dr. Raul Rojas

Berlin, 3. April 2018

Zusammenfassung

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Eidesstattliche Erklärung

Ich versichere hiermit an Eides Statt, dass diese Arbeit von niemand anderem als meiner Person verfasst worden ist. Alle verwendeten Hilfsmittel wie Berichte, Bücher, Internetseiten oder ähnliches sind im Literaturverzeichnis angegeben, Zitate aus fremden Arbeiten sind als solche kenntlich gemacht. Die Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form keiner anderen Prüfungskommission vorgelegt und auch nicht veröffentlicht.

3. April 2018

Bernd Sahre

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	1
1.1	Motivation	1
1.2	Bemerkung zu Fachwörtern	1
1.3	Glossar/Erklärung zu Fachwörtern	1
1.4	Ziel der Arbeit	2
1.4.1	Was ist das Problem	2
1.4.2	Warum ist das ein Problem	2
1.4.3	Was ist nicht das Problem/Was wird mit der Arbeit nicht gelöst	2
1.5	Vorgehen bei der Umsetzung	2
1.5.1	Gewählter Lösungsansatz, Alternativen, Abwägungen	2
1.6	Aufbau der Arbeit	2
1.6.1	Anmerkung zur Gestaltung der Arbeit/ Roter Faden	2
1.7	Wichtige verwendete Quellen und deren Beitrag zum Thema	2
2	Grundlagen	2
2.1	Verwendete Grundlegende Algorithmen	2
2.1.1	RRT	2
2.1.2	RRT*	2
2.1.3	(RRT*-Smart)	2
2.2	Weitere wichtige Grundlagen	2
2.3	Begriffserklärungen	2
3	Umsetzung	3
3.1	ROSCORE	3
3.1.1	Softwarearchitektur	3
3.1.2	APIs	3
3.2	Algorithmen - zentrale Elemente der Software	3
3.2.1	Benutzeroberfläche - GUI??	3
3.2.2	Zentraler Quellcode	3
3.3	Dokumentation der Durchführung und entstandener Artefakte	3
3.4	Verwendete Metriken	3
3.5	Beschreibung besonderer Schwierigkeiten und wie diese umgangen wurden	3
3.6	(Evaluation - nur wenn ich dafür Zeit habe)	3
3.6.1	Tests und Testdatensätze/Szenarien für die Software)	3
3.6.2	Korrektheitsbeweise	3
4	Zusammenfassung	3
A	Anhang	4

1 Einführung

Kaum ein Thema beherrscht Diskussionen über die Mobilität der Zukunft wie autonomes Fahren. Doch während Philosophen und Politik vor allem auch über ethische Fragen streiten (vgl. mit irgendeinem aufgegabelten Artikel über Ethikprobleme zwischen zwei Übeln zu wählen), steht die Forschung vor der Aufgabe, das Auto sicher durch den Straßenverkehr zu bringen. Dabei heißt sicher, dass das Auto während der Fahrt weder sich noch andere Verkehrsteilnehmer gefährdet.

Um dies zu gewährleisten, existieren unterschiedliche Algorithmen, die dafür zuständig sind, dem Auto bei gegebenen Ziel eine passende *Trajektorie* vorzuschlagen. Die Algorithmen unterscheiden sich in Ausführungszeit, Genauigkeit und berechnen unterschiedlich optimale Pfade. Diese Bachelorarbeit untersucht einen dieser Algorithmen, *RRT**, auf seine Tauglichkeit, über eine vorgegebene Fahrbahn, die mit Hindernissen bestückt ist, zu fahren.

1.1 Motivation

Die Arbeitsgruppe Robotik der Freien Universität Berlin benutzt in ihren Forschungen hauptsächlich das Prinzip elastischer Bänder zur Erzeugung von *Trajektorien* (Time-Elastic-Bands[hier Literaturverweis]). Doch auch die Verwendung und Probleme anderer Algorithmen ist interessant, insbesondere ob sich vertiefte Forschung in diesem Bereich lohnt. Dabei wird weniger Wert auf eine korrekte Orientierung des Autos in jedem Zustand gesetzt, sondern Hauptsache das Auto hat die Hindernisstrecke in kürzester Zeit ohne Fehler überwunden.

1.2 Bemerkung zu Fachwörtern

Bevor wir uns der Problemanalyse widmen, hier noch eine kurze Anmerkungen zur Gestaltung der vorliegenden Arbeit:

Für die im Folgenden verwendeten personenbezogenen Ausdrücke wurde, um die Lesbarkeit der Arbeit zu erhöhen, ausschließlich die männliche Schreibweise gewählt. Des Weiteren werden eine Reihe von englischen Bezeichnungen und Fachwörtern verwendet, um einerseits dem interessierten Leser das Studium der fast ausschließlich englischen Fachliteratur zu erleichtern und andererseits bestehende Fachbegriffe nicht durch die Übersetzung zu verfälschen. Diese Begriffe wurden im Gegensatz zum restlichen Text in kursive Schrift formatiert.

1.3 Glossar/Erklärung zu Fachwörtern

Innerhalb dieses Dokuments verwende ich Fachwörter. Diese werden kursiv gestellt, eine Erläuterung dieser Fachwörter erfolgt in diesem Kapitel:

2. Grundlagen

Begriff	Erklärung
Trajektorie	•
RRT	Rapidly Exploring Random Trees
RRT*	RRT-Star
RRT*-Smart	•
Midlevel Planer	

1.4 Ziel der Arbeit

Diese Arbeit soll einen kurzen Einblick in die Algorithmen *RRT** und *RRT*-Smart* geben und die Tauglichkeit dieser Algorithmen im Bereich Autonomes Fahren untersuchen. Dabei werden bei Erfolg neue Möglichkeiten gefunden, autonomes Fahren im Bereich *Midlevel Planer* zu verwirklichen und neue Forschungsfelder eröffnet, bei Misserfolg (RRT ist ungeeignet) werden Möglichkeiten ausgeschlossen, damit sich die Forschung auf vielversprechendere Felder konzentrieren kann.

1.4.1 Was ist das Problem

1.4.2 Warum ist das ein Problem

1.4.3 Was ist nicht das Problem/Was wird mit der Arbeit nicht gelöst

1.5 Vorgehen bei der Umsetzung

1.5.1 Gewählter Lösungsansatz, Alternativen, Abwägungen

1.6 Aufbau der Arbeit

Hier Grafik einfügen.

1.6.1 Anmerkung zur Gestaltung der Arbeit/ Roter Faden

1.7 Wichtige verwendete Quellen und deren Beitrag zum Thema

Weiterführung zum nächsten Kapitel

2 Grundlagen

Aufgreifen der Weiterführung zum nächsten Kapitel, kurze Erklärung wozu dieses Kapitel da ist.

2.1 Verwendete Grundlegende Algorithmen

2.1.1 RRT

2.1.2 RRT*

2.1.3 (RRT*-Smart)

2.2 Weitere wichtige Grundlagen

Doppellung mit Glossar/Erklärung zu Fachwörtern?

2.3 Begriffserklärungen

Ditos

Überleitung zum nächsten Kapitel

3 Umsetzung

Aufgreifen der Überleitung zum nächsten Kapitel

3.1 ROSCORE

3.1.1 Softwarearchitektur

3.1.2 APIs

3.2 Algorithmen - zentrale Elemente der Software

3.2.1 Benutzeroberfläche - GUI??

3.2.2 Zentraler Quellcode

- Datenstruktur Nodes
- Berechnung der Orientierung
- Rewiring

4. Zusammenfassung

3.3 Dokumentation der Durchführung und entstandener Artefakte

3.4 Verwendete Metriken

3.5 Beschreibung besonderer Schwierigkeiten und wie diese umgangen wurden

3.6 (Evaluation - nur wenn ich dafür Zeit habe)

3.6.1 Tests und Testdatensätze/Szenarien für die Software)

3.6.2 Korrektheitsbeweise

4 Zusammenfassung

...

A Anhang

Quellcode der L^AT_EX-Klasse agse-thesis:¹

```

1  \NeedsTeXFormat{LaTeX2e}
   \ProvidesClass{agse-thesis}[2017/05/23 v0.1 AGSE Thesis]

   %%% Read options
   % Language: Default is German
6  \newcommand{\lang}{ngerman}
   \DeclareOption{de}{\renewcommand{\lang}{ngerman}}
   \DeclareOption{en}{\renewcommand{\lang}{english}}

   % Font family: Default is LaTeX's lmodern
11 \newcommand{\fonttype}{plain}
   \DeclareOption{serif}{\renewcommand{\fonttype}{serif}}
   \DeclareOption{plain}{\renewcommand{\fonttype}{plain}}
   \DeclareOption{sans-serif}{\renewcommand{\fonttype}{sans-serif}}

16 % Document type: Default is article (twosided)
   \newcommand{\baseClass}{article}
   \DeclareOption{article}{%
       \renewcommand{\baseClass}{article}
       \PassOptionsToClass{twoside}{article}
21 }
   \DeclareOption{book}{\renewcommand{\baseClass}{book}}

   \newcommand{\useparskip}{no}
   \DeclareOption{parskip}{\renewcommand{\useparskip}{yes}}
26 \DeclareOption{noparskip}{\renewcommand{\useparskip}{no}}

   \DeclareOption*{\PassOptionsToClass{\CurrentOption}{\baseClass}}
   \ProcessOptions\relax
   \LoadClass[11pt,a4paper]{\baseClass}
31

   % Load required language
   \RequirePackage[\lang]{babel}

   % Load required font
36 \RequirePackage{xifthen}
   \ifthenelse{\equal{\fonttype}{plain}}{
       \RequirePackage{lmodern}
   }{
   \ifthenelse{\equal{\fonttype}{serif}}{
41     \RequirePackage[sc]{mathpazo}
       \linespread{1.05} % Palladio needs more leading (space between
           lines)
   }{
       \ifthenelse{\equal{\fonttype}{sans-serif}}{
           \RequirePackage{paratype}
46     \renewcommand*{\familydefault}{\sfdefault}
       }{
       \RequirePackage[T1]{fontenc}

```

¹Es ist nicht üblich, den gesamten produzierten Quellcode bei einer Abschlussarbeit in Textform abzugeben.

```

51 % Allow unicode in input files
\RequirePackage[utf8]{inputenc}

% Set layout
\RequirePackage[
56     inner=3.4cm,
    outer=3cm,
    top=3cm,
    marginparwidth=2.5cm,
    marginparsep=0.1cm
]{geometry}

61 \ifthenelse{\equal{\useparskip}{yes}}{
    \RequirePackage{parskip}
}{

66 % Header and Footer Style
\RequirePackage{fancyhdr}
\pagestyle{fancy}
\fancyhead{}
\fancyhead[OR]{\slshape\nouppercase{\rightmark}}
71 \fancyhead[EL]{\slshape\nouppercase{\leftmark}}
\fancyfoot{}
\fancyfoot[C]{\thepage}
\renewcommand{\headrulewidth}{0pt}

76 % Display Chapter and Section for book class
\ifthenelse{\equal{\baseClass}{book}}{
    \renewcommand{\chaptermark}[1]{\markboth{%
        \chaptername\ \thechapter.\ #1}{\chaptername\ \thechapter.\
        #1}}
}{%
81 % Display Section and Subsection for article class
    \renewcommand{\sectionmark}[1]{\markboth{%
        \thesection.\ #1}{\thesection.\ #1}}
}

86 % PDF settings
\usepackage[%
    pdfstartview=FitH,
    linktocpage,
    % two lines below = color links
91     colorlinks=true,
    citecolor=blue!20!black!30!green,
    % two lines below = don't color links
    %colorlinks=false,
    %pdfborder={0 0 0},
96 ]{hyperref}

% Tables
\usepackage{tabularx}
\newcolumntype{L}[1]{>{\raggedright\arraybackslash}p{#1}}

101 % Misc
\RequirePackage{fancyref}
\RequirePackage{url}
\RequirePackage{makeidx}

```

```

106 \RequirePackage[pdftex]{graphicx}

%% BibTeX
\RequirePackage[numbers,sort&compress]{natbib}
111 \RequirePackage[nottoc]{tocbibind}
\bibliographystyle{plain}

% Java Code Listing Style
\RequirePackage{xcolor}
116 \RequirePackage{listings}
\definecolor{darkblue}{rgb}{0,0,.6}
\definecolor{darkgreen}{rgb}{0,0.5,0}
\definecolor{darkred}{rgb}{0.5,0,0}
\lstset{%
121     language=Java,
        basicstyle=\ttfamily\small\upshape,
        commentstyle=\color{darkgreen}\sffamily,
        keywordstyle=\color{darkblue}\rmfamily\bfseries,
        breaklines=true,
126     tabsize=2,
        xleftmargin=3mm,
        xrightmargin=3mm,
        numbers=none,
        frame=single,
131     stringstyle=\color{darkred},
        showstringspaces=false
}

% Custom commands
136 \newcommand\zb{z.\,B.\ }
\renewcommand\dh{d.\,h.\ }
\newcommand{\mailto}[1]{\href{mailto:#1}{#1}}

\RequirePackage{pgfkeys}
141 \pgfkeys{
    student/id/.estore in = \studentID,
    student/mail/.estore in = \coverpageMail,
    thesis/type/.estore in = \thesisType,
    thesis/type = Bachelorarbeit,
146    thesis/date/.estore in = \thesisDate,
    thesis/date = \today,
    thesis/advisor/.estore in = \advisor,
    thesis/examiner/.estore in = \firstExaminer,
    thesis/examiner/2/.estore in = \secondExaminer,
151    thesis/group/.estore in = \groupName,
    thesis/group = {Arbeitsgruppe Software Engineering},
    title/size/.store in = \titleFontSize,
    abstract/separate/.estore in = \separateAbstract,
}
156
% Define abstract environment for book class
\ifthenelse{\equal{\baseClass}{book}}{%
    {\newenvironment{abstract}%
        {\begin{center}\textbf{\small\abstractname}\end{center}\
            quotation\small}%
161    {\endquotation}%

```

```

    }{}

% (Re)define frontmatter and mainmatter
\ifthenelse{\equal{\baseClass}{book}}{
166   \let\frontmatterOrig\frontmatter
   \renewcommand{\frontmatter}{
     \frontmatterOrig
     \pagestyle{plain}
   }
171   \let\mainmatterOrig\mainmatter
   \renewcommand{\mainmatter}{
     \mainmatterOrig
     \pagestyle{fancy}
     \setcounter{page}{1}
176   }
}{
   \newcommand{\frontmatter}{
     \pagestyle{plain}
     \pagenumbering{roman}
181     \setcounter{page}{1}
   }
   \newcommand{\mainmatter}{
     \pagestyle{fancy}
     \pagenumbering{arabic}
186     \setcounter{page}{1}
   }
}

\RequirePackage{xstring}
191 \RequirePackage{etoolbox}
\newcommand{\coverpage}[2][]{
  \pgfkeys{#1}
  \pagestyle{empty}

196   \ifcsdef{separateAbstract}{\mbox{} \vspace{15mm}}{\mbox{}}

  \begin{center}
    \LARGE
    \textbf{Freie Universität Berlin}
201
    \vspace{4mm}

    \normalsize
    \thesisType{} am Institut für Informatik der Freien Universitä
      t Berlin
206
    \vspace{2mm}

    \groupName

211   \ifcsdef{separateAbstract}{\vspace{25mm}}{\vspace{13mm}}

   \ifcsdef{titleFontSize}{}{%
     \StrLen{\thesisTitle}[\titleLength]
     \ifthenelse{\titleLength > 100}{%
216       \let\titleFontSize\LARGE
     }{%

```

```

        \let\titleFontSize\huge
    }
}
221 \titleFontSize\thesisTitle

\ifcsdef{separateAbstract}{\vfill}{\vspace{13mm}}

\Large
226 \studentName \
\normalsize
Matrikelnummer: \studentID\
\mailto{\coverpageMail}

231 \vspace{4mm}

\begin{tabular}{rl}
    \ifcsdef{advisor}{Betreuer: & \advisor\}\{
    Eingereicht bei: & \firstExaminer \
236 \ifcsdef{secondExaminer}{Zweitgutachter: & \secondExaminer
        \}\{
    \end{tabular}

    \vspace{4mm}

241 Berlin, \thesisDate
\end{center}

\ifcsdef{separateAbstract}{\cleardoublepage\frontmatter}{\vfill}
\begin{abstract}
246 #2
\end{abstract}
\cleardoublepage
\ifcsdef{separateAbstract}{\}\{\frontmatter}
}

```