

Weiterentwicklung eines selbstfahrenden Fahrzeuges mit Lidar und anderen Sensoren

Studienarbeit

über die ersten drei Quartale des 3. Studienjahres

an der Fakultät für Technik
im Studiengang Informationstechnik

an der DHBW Ravensburg
Campus Friedrichshafen

von

Justin Serrer - 5577068 - TIT21
Timo Waibel - 8161449 - TIT21
Janik Frick - 4268671 - TIT21

Sperrvermerk

gemäß Ziffer 1.1.13 der Anlage 1 zu §§ 3, 4 und 5 der Studien- und Prüfungsordnung für die Bachelorstudiengänge im Studienbereich Technik der Dualen Hochschule Baden-Württemberg vom 29.09.2017 in der Fassung vom 25.07.2018.

„Der Inhalt dieser Arbeit darf weder als Ganzes noch in Auszügen Personen außerhalb des Prüfungsprozesses und des Evaluationsverfahrens zugänglich gemacht werden, sofern keine anders lautende Genehmigung vom Dualen Partner vorliegt.“

Ort, Datum

Unterschrift

Selbständigkeitserklärung

gemäß Ziffer 1.1.13 der Anlage 1 zu §§ 3, 4 und 5 der Studien- und Prüfungsordnung für die Bachelorstudiengänge im Studienbereich Technik der Dualen Hochschule Baden-Württemberg vom 29.09.2017 in der Fassung vom 25.07.2018.

Ich versichere hiermit, dass ich meine Hausarbeit mit dem Thema

Weiterentwicklung eines selbstfahrenden Fahrzeuges mit Lidar und anderen Sensoren

selbständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Ich versichere zudem, dass die eingereichte elektronische Fassung mit der gedruckten Fassung übereinstimmt.

Ort, Datum

Unterschrift

Gender-Erklärung

Das in dieser Arbeit gewählte generische Maskulinum bezieht sich zugleich auf die männliche, die weibliche und andere Geschlechteridentitäten. Zur besseren Lesbarkeit wird auf die Verwendung männlicher und weiblicher Sprachformen verzichtet. Alle Geschlechteridentitäten werden ausdrücklich mitgemeint, soweit die Aussagen dies erfordern.

Inhaltsverzeichnis

Selbständigkeitserklärung	I
Gender-Erklärung	II
1 Einleitung	1
2 Problemstellung, Ziel und Umsetzung	1
2.1 Problemstellung	1
2.2 Ziel	1
2.3 Umsetzung	2
2.4 Bekannte Probleme	2
3 Überblick Hardware und Software	4
3.1 Hardware	4
3.2 Software	4
4 SLAM-Algorithmus	5
5 Simulation des Ausweichalgorithmus	6
5.1 Was ist eine Simulation?	6
5.2 Simulation im Kontext eines Ausweichalgorithmus	7
5.3 Aufbau der Simulation	7
5.3.1 Kritische Funktionalitäten	8
5.3.2 Prüfung der kritischen Funktionalitäten	9
5.3.3 Auswertung der Prüfung	10
6 Implementierung des Ausweichalgorithmus	12
7 Fazit	13
A Anhang	14
Literatur	15

Abbildungsverzeichnis

1	Beispiel Bild	11
---	-------------------------	----

Listings

5.1	Beispiel Listing	11
-----	----------------------------	----

1 Einleitung

Die Automatisierung im Straßenverkehr befindet sich in stetigem Wachstum, wobei selbstfahrende Fahrzeuge zunehmend an Bedeutung gewinnen.

Auch im Bereich der Modell-Autos und Roboter ist Automatisierung eine präsentes Thema.

Zwar ist die Umsetzung eines selbstfahrenden Modell-Autos oder Roboters, aufgrund der vorhersehbareren und weniger komplexen Umgebung, einfacher als die Umsetzung eines selbstfahrenden PKW, jedoch stellt sie trotzdem eine Herausforderung dar.

2 Problemstellung, Ziel und Umsetzung

In diesem Abschnitt wird auf die Problemstellung, das generelle Ziel und die geplante Umsetzung der Arbeit eingegangen.

Des weiteren wird Erläutert, weshalb das Ziel der Arbeit wichtig ist, wie die Arbeit aufgebaut ist und welche Probleme und Schwierigkeiten durch bereits getätigte Versuche einer Umsetzung des Arbeits-Ziels bereits bekannt sind.

2.1 Problemstellung

Die zuverlässige Navigation eines selbstfahrenden Modell-Auto erfordert nicht nur präzise Ortung sämtlicher Objekte in der näheren Umgebung, sondern auch die Fähigkeit, die eigene Position im Raum zu ermitteln und so möglichst effektiv um Hindernisse herum zu navigieren.

2.2 Ziel

Das Hauptziel der Arbeit ist die Entwicklung und Implementierung eines Algorithmus für ein Modell-Auto. Dieser soll mit Hilfe der Daten diverser Sensoren, Hindernisse erkennen und das Auto automatisch um diese herum navigieren.

Da der Hardware-Teil der Arbeit von einer anderen Gruppe an Studenten übernommen wird, ist es notwendig, die Hardware zu abstrahieren um so ein Testen des Algorithmus möglich zu machen. Daher ist ein weiteres Ziel der Arbeit, die Simulation des Fahrzeugs.

2.3 Umsetzung

Zur Umsetzung der Aufgabe, stehen, neben einem RPLiDAR A1M8-R6 der Firma Slamtec, auch weitere Sensoren zur Verfügung.

Bevor die eigentliche Arbeit an einem Algorithmus beginnen kann, muss die gegebene Hardware getestet werden. Zudem ist, um das weitere Vorgehen planen zu können, notwendig, sich mit der Hardware vertraut zu machen. Zu wissen, welche Daten von den Sensoren, wann gesendet werden, ermöglicht es, präziser zu planen, wodurch die Entwicklung des Algorithmus effizienter werden soll.

Des Weiteren ist auch die Entwicklung einer Möglichkeit die Hardware zu simulieren notwendig, da der Zugriff auf die physische Hardware begrenzt ist. Hierbei ist es wichtig, die, für den Algorithmus notwendige Hardware, so genau wie möglich zu simulieren. Je genauer die Simulation ist, desto unwahrscheinlicher treten Probleme bei der Zusammenführung von Hard- und Software auf.

Da der Hardware-Teil der Arbeit einer anderen Gruppe zugeteilt ist, ist eine gute Kommunikation zwischen den Gruppen notwendig. Somit kann, nachdem jede Gruppe ihre Ziele erreicht hat, eine Zusammenführung von Hard- und Software ohne viel Aufwand ermöglicht werden.

2.4 Bekannte Probleme

Es wurde bereits mehrfach versucht, im Rahmen einer Studienarbeit, diese Aufgabe umzusetzen. Die bisherigen Gruppen stießen dabei auf diverse Probleme. Das Hauptproblem war der Aufbau der Gruppen. Diese bestanden ausschließlich aus Elektrotechnik-Studenten, was zu Folge hatte, dass das Grundlagenwissen, welches zur Entwicklung eines solchen Algorithmus benötigt wird, nicht vorhanden war. Somit war es den bisherigen Gruppen nicht möglich, einen Algorithmus, innerhalb des vorgegebenen Zeitrahmens zu entwickeln. Einige der Gruppen versuchten, durch die Hilfe der Robot-Operating-System-Software, bereits existierende Algorithmen zu nutzen. Aufgrund des hohen Rechenaufwandes, waren diese jedoch nicht mit der zur Verfügung stehenden Hardware kompatibel, da diese zu wenig Ressourcen bot.

Um die bekannten Probleme zu umgehen, wurde sich dazu entschieden, den Hardware-Teil der Aufgabe einer Gruppe an Elektrotechnik-Studenten und

den Software-Teil uns Informatik-Studenten zuzuteilen. Durch die Aufteilung der Aufgabe, verringert sich der Workload für jede der Gruppen. Zusätzlich hat jede Gruppe eine Aufgabe, für die das entsprechende Grundlagenwissen bereits vorhanden ist. Des weiteren wurde leistungsstärkere Hardware zur Verfügung gestellt, so dass die Limitation der Hardware deutlich geringer ist. Um Probleme zu vermeiden, sollte bei der Entwicklung des Algorithmus sollte jedoch weiterhin darauf geachtet werden, den Algorithmus so effizient wie möglich zu machen.

3 Überblick Hardware und Software

3.1 Hardware

1. Raspberry PI
2. LIDAR
3. Weitere Sensoren

3.2 Software

1. ROS oder alles selbst programmieren

4 SLAM-Algorithmus

1. Was ist SLAM?
2. Wie funktioniert SLAM?
3. Welche SLAM-Algorithmen gibt es?
4. Welcher SLAM-Algorithmus ist für uns geeignet?

5 Simulation des Ausweichalgorithmus

1. Warum simulieren?
2. Was simulieren?
3. Woher bekommen wir die Daten?
4. Wie werden die Daten verarbeitet?
5. Wie werden die Daten visualisiert?
6. Wie wird der Algorithmus getestet und validiert

5.1 Was ist eine Simulation?

Bevor damit begonnen werden kann die verschiedenen Aspekte einer Simulation zu beleuchten, ist zu klären, was eine Simulation ist. Nach der Aussage von A. Maria ist eine Simulation eine Ausführung eines Modells eines Systems [2][p. 1, ch. 2]. Der Begriff des Modells wird ebenfalls in der Arbeit beschrieben. Ein Modell ist eine vereinfachte, funktionierende Repräsentation des Systems, das betrachtet werden soll [2][p. 1, ch. 1].

In der Simulationstechnik gibt es unterschiedliche Arten von Simulation. In diesem Kontext von Bedeutung ist die Unterscheidung zwischen realer Simulation und Computersimulation. Reale Simulationen kommen zum Einsatz, wenn durch einen Fehler keine Gefahr für Personen und Umwelt besteht. Außerdem kann es sein, dass ein Nachstellen der Umweltbedingungen so komplex ist, dass eine Nachbildung am Computer nicht ausreichend möglich oder zeitlich zu aufwendig ist. Computersimulationen kommen dann zum Einsatz, wenn ein Fehler schädliche Folgen für Personen und Umwelt herbeiführen könnten und sich die Einflussfaktoren auf das System am Computer nachahmen lassen [3]. Eine Computersimulation kann auch dann genutzt werden, wenn das Erstellen eines realen Modells nicht möglich oder nicht rentabel ist. Ein weiterer Anwendungsfall einer Computersimulation tritt ein, wenn das reale Modell noch in der Entwicklungsphase ist. In diesen Fällen stellt die Simulation sicher, dass erste Versuche mit Algorithmen, die unabhängig vom Modell funktionieren, möglich sind. Dadurch kann damit begonnen werden an Technologien und Methodiken zu arbeiten, ohne auf eine reale Umsetzung warten zu müssen.

5.2 Simulation im Kontext eines Ausweichalgorithmus

Im Rahmen dieser Arbeit ist eine Simulation geplant. Die Konstellation des Teams das am selbstfahrenden Modell-Auto beteiligt ist, begünstigt den Einsatz einer Simulation. Der verfügbare Zeitraum für Hard- und Software ist gleich lang. Aus diesem Grund ist es nicht möglich mit der Entwicklung des Ausweichalgorithmus zu warten, bis das reale Modell-Auto einsatzbereit ist. Wie im vorherigen Kapitel beschrieben, ist in solchen Fällen eine Simulation ein guter Weg für eine simultane Entwicklung der Algorithmik und des Modells. Die Simulation hilft dabei den Algorithmus zu entwickeln und in einer ersten Form zu validieren. Neben dem zeitlichen Faktor ist auch ein möglicher Schaden im Fehlerfall ein Grund für den Einsatz einer Simulation. Würde es in einem Test zu einem Fehler kommen, könnte das Modell-Auto je nach Szenario so beschädigt werden, dass eine aufwendige Reparatur notwendig oder sogar unmöglich wäre. Dadurch würde die weitere Entwicklung verzögert werden. Um dieses Szenario zu vermeiden ist es wichtig den Algorithmus mit Hilfe der Simulation so weit zu entwickeln, dass die Chance für das Eintreten eines solchen Szenarios möglichst gering ist. Auch für den Fall, dass das Modell am Ende nicht einsatzbereit ist, sorgt die Simulation dafür, dass der Ausweichalgorithmus zumindest im Rahmen einer Simulation überprüft und getestet werden kann. Zusätzlich sorgt die Simulation für einen reduzierten Kommunikationsaufwand, denn die Entwicklung und Verwendung der Simulation erfolgt unabhängig vom Aufbau des Modells.

Der Einsatz einer Simulation scheint in diesem Kontext eine gute und einfache Option zu sein, wie Hard- und Software parallel zueinander entwickelt werden können. Allerdings gibt es auch Faktoren die eine Simulation erschweren. Der Aufbau einer Umgebung in der der Algorithmus erprobt und entwickelt werden soll, ist grundlegend wenig herausfordernd. Allerdings muss die Umgebung so aufgebaut werden, dass für diese Umgebung Sensordaten generiert werden können, mit denen der Algorithmus ausgeführt werden kann. Zusätzlich müssen die simulierten Daten in Umfang und Frequenz mit denen des späteren Modells übereinstimmen, um die Funktionalität später auf das Modell übertragen zu können.

5.3 Aufbau der Simulation

Um die Simulation für eine erste Validierung der Algorithmik nutzen zu können, ist die Voraussetzung dass die simulierte Funktionalität auch der Funktionalität entspricht, die später im realen Einsatz genutzt wird. Gibt es Abweichungen zwischen den Funktionalitäten, so kann nur eine Schätzung

vorgenommen werden, wie sich der Algorithmus im praktischen Einsatz verhält.

Wie zu Beginn der Arbeit formuliert, soll zunächst ein Algorithmus entwickelt werden, der das Ausweichen auf gerader Linie ermöglicht. Da es aktuell keine Möglichkeit gibt, ein Ziel einzugeben, wird die aktuelle Ausrichtung des Fahrzeugs als Fahrtrichtung verwendet. Das ermöglicht eine Funktionalität unabhängig von der Position des Fahrzeugs. Dann fährt das Auto in diese Richtung. Wird auf der Strecke ein Hindernis erkannt, versucht der Algorithmus dem Hindernis auszuweichen. Ist dies möglich wird das Auto auf die ursprüngliche Gerade zurückgeführt.

Um eine Simulation zu implementieren, ist zu klären, ob diese Funktionalität in einer Simulation realitätsnah möglich ist, oder ob eine vereinfachte Version simuliert werden muss.

5.3.1 Kritische Funktionalitäten

Zunächst müssen die Funktionalitäten identifiziert werden, die in der Simulation Probleme verursachen könnten.

1. Sensordaten
2. Umgebung
3. Ausweichen
4. Lokalisierung
5. Fahrzeug

Sensordaten Die Sensordaten bilden die Grundlage für die gesamte Simulation. Auf den Sensordaten basiert die Lokalisierung im Raum und das Erkennen und Ausweichen eines Hindernisses. Die Simulation dieser Daten stellt damit die größte Herausforderung in der Simulation dar, da die Daten in Frequenz und Aufbau den realen Daten möglichst genau entsprechen sollten. Vor allem der Aufbau der Daten sollte den realen Daten so nahe wie möglich kommen, da zusätzliche oder fehlende Daten in der Qualität der Auswertung deutlich zu erkennen sein könnten. Gibt es Unterschiede in der Frequenz sind die Auswirkungen weniger problematisch. Eine geringere oder höhere Frequenz kann durch die möglichen Geschwindigkeiten des Modell-Autos oder an anderen Stellen ausgeglichen werden.

Umgebung Die Umgebung ist ebenfalls ein essentieller Bestandteil. Denn die Umgebung muss so simuliert werden, dass diese von den Sensoren erkannt werden kann. Ist das nicht der Fall, ist jede Simulation der Sensorik unbrauchbar. Die genaue Implementierung ist unabhängig von der realen Welt. Dennoch ist darauf zu achten, dass die für die Sensorik notwendigen vorhanden sind.

Ausweichen Die Logik des Ausweichens ist die eigentliche Funktionalität die implementiert werden soll. Diese ist der zentrale Baustein im System. Ist diese nicht vorhanden, ist die Simulation nicht brauchbar, um die Funktionalität zu validieren.

Lokalisierung Die Lokalisierung des simulierten Fahrzeugs ist ebenfalls ein wichtiger Bestandteil der Simulation, denn die Lokalisierung ist dafür verantwortlich zu entscheiden ob das Ausweichmanöver abgeschlossen ist.

Fahrzeug Das Fahrzeug dient in der Simulation nur der Visualisierung. Physische Eigenschaften wie zum Beispiel der Kurvenradius und Reibung der Reifen sind nicht von Bedeutung. Außerdem kann das Auto visuell stark vereinfacht dargestellt werden.

5.3.2 Prüfung der kritischen Funktionalitäten

In diesem Abschnitt werden die einzelnen Funktionalitäten auf Umsetzbarkeit geprüft. Ist eine Umsetzung möglich, kann diese Funktionalität so implementiert werden, andernfalls muss eine Alternative erarbeitet werden.

Sensordaten Folgende Sensordaten müssen simuliert werden:

- LIDAR: Der Lidar Sensor erzeugt durch Rotation und das Aussenden von Laserstrahlen eine Punktwolke die die Umgebung abbildet. Diese Daten sind gut zu simulieren, da hierfür ausgehend von der aktuellen Position in jede Richtung Strahlen simuliert werden können, die die Entfernung von Objekten bestimmen.
- Ultraschall: Bei der Implementierung der Simulation des Ultraschall-Sensors ist mehr Aufwand nötig, da der Sensor nicht in jede Richtung Signale sendet, sondern konstant in eine Richtung. + Die Komplexität kommt durch das Verhalten der Schallwellen, die sich im Raum ausbreiten. Trotz der zusätzlichen Komplexität sollte eine ausreichend gute Simulation möglich sein.
- Geschwindigkeit: Die Komplexität der Ermittlung der Geschwindigkeit ist

gering, da diese Information als Variable direkt im simulierten Auto hinterlegt werden kann.

- Lenkwinkel: Kann ähnlich wie die Geschwindigkeit als Variable gespeichert werden.

Umgebung Die Komplexität einer vereinfachten Umgebung ist als gering einzuschätzen, da für die Erkennung die Positionsdaten, sowie geometrische Form und Längen- und Breitenmaße ausreichend sind, um eine Überschneidung mit Strahlen oder Wellen mathematisch zu berechnen. Die vereinfachte Umgebung enthält nur Gegenstände, deren Form eine einfache Berechnung zulässt. Dazu gehören zum Beispiel Quadrate und Rechtecke.

Soll die Komplexität der Umgebung erhöht werden, steigt der Aufwand der mathematischen Berechnungen. Die Komplexität der Simulation sollte aber auf einem ähnlichen Niveau bleiben.

Ausweichen Das Ausweichen weist eine geringe Komplexität auf, da es für diese Aufgabe bereits viele verschiedene Lösungsstrategien gibt.

Lokalisierung Die Lokalisierung erfolgt auf Basis der empfangenen Sensordaten. Die Korrektheit ist abhängig von der Qualität der empfangenen Daten. Aus diesem Grund ist an dieser Stelle mit der größten Abweichung von Simulation und Realität zu rechnen. Daraus resultiert die Herausforderung die Position an so vielen Parametern wie möglich zu bestimmen. Denn je mehr Parameter genutzt werden, desto geringer der Einfluss von verfälschten Daten.

Fahrzeug Das Fahrzeug ist wenig komplex in der Implementierung, da eine vereinfachte Visualisierung, zum Beispiel mit einem Punkt, der sich bewegen kann, ausreichend ist.

5.3.3 Auswertung der Prüfung

Auf Basis der vermuteten Umsetzbarkeit der kritischen Funktionalitäten in Kapitel 5.3.2 stellt sich die Simulation des Ausweichalgorithmus und der dazugehörigen Komponenten als machbar heraus.

Es gibt Teilaufgaben in der Simulation deren Komplexität höher ist, als die anderer Bestandteile, aber auch diese befinden sich in einem Umfang der umsetzbar ist.

```
class a {  
};
```

Listing 5.1: Beispiel Listing



Abbildung 1: Beispiel Bild

6 Implementierung des Ausweichalgorithmus

1. Zugriff auf die Daten
2. Verarbeitung der Daten
3. Ausweichalgorithmus
4. Welche Technologien werden verwendet?
5. Validierung und Tests?

7 Fazit

1. Was haben wir erreicht?
2. Entspricht das dem erhofften Ergebnis?
3. Welche Einschränkungen gibt es in der Verwendung?

A Anhang

Literatur

- [1] Example. *Beispiel Quelle*. URL: www.google.de (besucht am 18.08.2022).
- [2] Anu Maria. *Introduction to modeling and simulation*. 1997. URL: <https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/268437.268440> (besucht am 23.01.2024).
- [3] The Editors of Encyclopaedia Britannica. *computer simulation*. 2023. URL: <https://www.britannica.com/technology/computer-simulation> (besucht am 23.01.2024).