

bertrandt

b.ad Regelung

b.ad control

Autor:

Sven Wienand

Bochum, den 31. Juli 2018

Kurzfassung In dieser Arbeit wird eine Fahrzeugregelung für ein spurgeführtes Modellfahrzeug entwickelt, welches mit einer kamerabasierten Fahrbahnerkennung und einer ultraschallbasierten Abstandsmessung zu potenziell vorher fahrenden Fahrzeugen, parkenden Fahrzeugen oder Objekten ausgestattet ist.

Hierfür wird zu erst ein Überblick über die vorhandenen Hardware gegeben und die Systemarchitektur beschrieben. Im Anschluss daran werden die für die Regelung notwendigen regelungstechnischen und systemtechnischen Grundlagen angeführt und erklärt.

Die Querdynamik des Fahrzeuges wurde aufgrund fehlender Möglichkeiten, die Parameter des linearen Einspurmodells zu bestimmen, durch Testaufbauten selbst modelliert. Nach Auswahl des Regelverfahrens wurde ein PID-Regelalgorithmus erarbeitet und durch zwei Verfahren parametrisiert. Im Anschluss daran werden praktische Versuchsfahrten mit Simulationsergebnissen verglichen und analysiert.

Die Geschwindigkeitsregelung konnte wegen mechanischer Einschränkungen nur als Zweipunktreger ausgelegt werden. Die hierfür notwendige Geschwindigkeitsmessung wurde mit einem Hallsensor realisiert. Als mögliche Erweiterung der Geschwindigkeitsmessung wurde eine Sensor-Fusion von Beschleunigungs- und Geschwindigkeitssensoren mithilfe eines Kalman-Filters erarbeitet und in Matlab simuliert.

Für eine zweite Version des Modellfahrzeuges wurde eine neue Systemarchitektur auf der Basis des Robot Operating System entwickelt. Der in dieser These erarbeitete Regelalgorithmus wird in die ROS Umgebung portiert und ein Entwicklertest durchgeführt.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
2. Stand der Technik	3
Literaturverzeichnis	5
Abbildungsverzeichnis	5
Tabellenverzeichnis	7
Abkürzungsverzeichnis	9
A. Anhang	11
A.1. Teststrecken	11
A.2. Geschwindigkeitssensor	12
A.3. Vollständige ROS Softwarearchitektur	13
A.4. Inhalt der CD	13

1. Einleitung

Autonom fahrende Fahrzeuge werden in Kombination mit der Elektromobilität heutzutage immer relevanter und viele Firmen arbeiten an Konzepten zum autonomen Fahren. Unter einem autonom fahrenden oder auch führerlosem Fahrzeug versteht man allgemein ein Fahrzeug, welches ohne menschliches Eingreifen sicher am Straßenverkehr teilnehmen kann. Dies ist das 5. und höchste Level des autonomen Fahrens. Der Weg dorthin ist in weitere vier Level abgestuft und beschreibt Teilziele auf diesem Weg, wie zum Beispiel Spurhalteassistenten, Parkassistenten und vieles mehr.

Um Studierenden die Möglichkeit zu bieten während ihres Studiums bereits die Welt des autonomen Fahrens erkunden zu können, möchte das Unternehmen Bertrandt einen Modellbausatz für Hochschulgruppen entwickeln, damit diese sich in Wettkämpfen in verschiedenen Disziplinen miteinander messen können.

In Zusammenarbeit mehrerer Thesen wird ein Prototyp entworfen, welcher später auch als Hardwarevorlage für die Hochschulgruppen dienen soll. In dieser Arbeit werde ich mich, aufgrund meines Interesses, für den Reglerentwurf und das autonome Fahren damit beschäftigen, eine geeignete Fahrzeugregelung zu entwickeln und programmiertechnisch umzusetzen.

Am Ende dieser Arbeit soll das Modellfahrzeug mit einer geeigneten Regelung ausgestattet sein, sodass es sicher einer Fahrspur folgen kann und auf eine Sollgeschwindigkeit regelt.

2. Stand der Technik

Das Straßenfahrzeug

Heutige Fahrzeuge profitieren bereits von modernen Assistenzsystemen, wie Spurhalte- und Spurwechselassistenten, sowie einer adaptiven Geschwindigkeitsregelung (ACC). In hoch entwickelten Fahrzeugen können diese auch Straßenschilder erkennen und die Maximalgeschwindigkeit daran anpassen. Falls das Fahrzeug einem vorausfahrenden Fahrzeug zu nahe kommt, bremst es gegebenenfalls auf die Geschwindigkeit dieses Fahrzeuges ab.

Für die Detektierung der Umwelt sind die verbauten Sensoren essenziell und werden teilweise speziell für ein Fahrzeug entwickelt. Einer der meist verbauten Sensoren ist hierbei die Kamera. Sie ist im einfachsten Fall dafür zuständig, die Fahrspur zu erkennen und somit eine Basis für die Spurhalte- und Spurwechselassistenten zu bieten. Auf einem leistungsstarken Rechner werden dann aufwendige Bildverarbeitungsalgorithmen ausgeführt, um Daten wie Spurbreite, Abstand zur Spurmitte, Kurvenradius, gestrichelte oder durchgezogene Linien oder auch Spurnummer aus dem Kamerabild zu extrahieren. Diese Daten werden vorverarbeitet, damit der Regler des Spurhalteassistenten eine geeignete Eingangsgröße erhält, um das Fahrzeug in der Fahrbahnmitte zu halten. Die systemtechnische Auslegung des Reglers erfolgt durch eine Modellierung der Fahrzeugdynamik. Hierfür wird in der Regel das Einspurmodell von Rieker und Schunck verwendet, welches bereits 1940 zur Analyse des Lenkverhaltens bei Seitenwinden entwickelt wurde. [?] Für die Abstands- oder Geschwindigkeitsregelung werden zurzeit vorwiegend Radar- und Lasersensoren benutzt. Die gemessenen Werte, wie der Abstand zu den vorausfahrenden Fahrzeugen und die aktuelle Eigengeschwindigkeit, werden an das Regelsystem weitergeleitet. Mit diesen Daten kann das Regelsystem entweder die Geschwindigkeit oder den Abstand des Fahrzeuges zu vorherfahrenden Fahrzeugen regeln.[?]

Das Modellfahrzeug

Im Bereich der Modellfahrzeuge ist Audi mit ihren 1:8 Modellfahrzeugen für ihren 'Autonomous Driving Cup' ein Vorreiter in der Technik. Dort wird eine 3D-Kamera zur Erfassung des vorderen Umfeldes verwendet. Neben dem Bild, welches für die

oben bereits erwähnte Spurerkennung benutzt wird, ist es auch möglich, Abstands-
informationen aus dem Bild zu errechnen. Diese werden allerdings nicht für eine Ab-
standsregelung benutzt, sondern für die Erkennung von Objekten auf und neben der
Fahrbahn. Um die Abstandsregelung dennoch zu realisieren, ist das Modellfahrzeug
mit Ultraschallsensoren ausgestattet, welche Abstände in verschiedenen Bereichen
des Modellfahrzeuges messen. [?]

Verfahren zur Querregelung

Die einfachste Möglichkeit einer Fahrspur zu folgen, ist eine Zweipunktregelung. Be-
findet sich das Fahrzeug rechts der Fahrbahnmitte, so wird nach links gelenkt und
analog in die andere Richtung. Ohne weitere Betrachtung ist zu erkennen, dass die-
ses Regelverfahren nicht ausreichend ist, da die effektive Fahrspur einer Slalom fahrt
um die Fahrbahnmitte ähnelt.

PD- und PID-Regler in unterschiedlichen Strukturen nehmen einen sehr großen Be-
reich in der Fahrzeugregelung ein. Sie sind flexibel und selbst ohne ein genaues
mathematisches Modell der Regelstrecke gut zu entwerfen. Toyota und Honda haben
bereits Projekte mit PID-Reglern für die Querregelung mit guten Testergebnissen
absolviert.

Eine weitere Methode ist die Zustandsregelung. Sie benötigt ein genaues mathe-
matisches Modell, um die Parameter für die Regelung zu berechnen. Dieser Regler
wird meistens im Zusammenhang mit dem Einspurmodell von Riekert und Schnuck
benutzt. Gegenüber dem PID-Regler kann dieser Regler automatisch parametrisiert
werden.[?][?]

Abbildungsverzeichnis

A.1. Erste Teststrecke	11
A.2. Zweite Teststrecke	12
A.3. Digitaler Hallsensor mit Pull-Up Widerstand	12
A.4. Verbauter Hallsensor	12
A.5. Gesamte ROS Softwarearchitektur	13

Tabellenverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis

ACC	A ctive C ruise C ontrol, dt. Aktive Geschwindigkeitsregelung
b.ad	ber trandt a utonomous d riving
SSH	S ecure S hell
SCP	S ecure C opy
GCC	G NU C ompiler C ollection
CPU	C entral P rocessing U nit, dt. (Haupt-) Prozessor
GPU	G raphics P rocessing U nit, dt. Grafikprozessor
RAM	R andom A ccess M emory, dt. Arbeitsspeicher
OS	O perating S ystem, dt. Betriebssystem
GPIO	G eneral P urpose I nput/ O utput, dt. allgemeiner Ein- und Ausgang
PWM	P ulse W idth M odulation , dt. Pulsweitenmodulation
CSI	C amera S erial I nterface
I ² C	I nter I ntegrated C ircuit
SPI	S erial P eripheral I nterface
p	P ixel
ROS	R obot O perating S ystem