



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Masterarbeit

Eike Jenning

Systemidentifikation eines autonomen Fahrzeugs mit einer
robusten, kamerabasierten Fahrspurerkennung in Echtzeit

Eike Jenning

Systemidentifikation eines autonomen Fahrzeugs mit einer
robusten, kamerabasierten Fahrspurerkennung in Echtzeit

Masterarbeit eingereicht im Rahmen der Masterprüfung
im Studiengang Informatik
am Department Informatik
der Fakultät Technik und Informatik
der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Betreuer Prüfer: Prof. Dr. rer. nat. Stephan Pareigis
Zweitgutachter: Prof. Dr.-Ing. Andreas Meisel

Abgegeben am 05.12.2008

Eike Jenning

Thema der Masterarbeit

Systemidentifikation eines autonomen Fahrzeugs mit einer robusten, kamerabasierten Fahrspurerkennung in Echtzeit

Stichworte

FAUST, Fahrspurerkennung, Bildverarbeitung, Echtzeit, Systemidentifikation, Ausgleichsrechnung, Linsenverzeichnungskorrektur, projektive Transformatione, autonomes Fahrzeug, Carolo-Cup

Kurzzusammenfassung

Zur Teilnahme am Carolo-Cup der Technischen Universität Braunschweig wird im Forschungsprojekt FAUST der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg ein autonomes Modellfahrzeug mit komplexen Regelungs- und Kartierungs- systemen ausgestattet. In dieser Arbeit wird ein Fahrspurerkennungsverfahren entwickelt, das den genannten Systemen als Informationsgrundlage dient. Zu diesem Zweck wird die Fahrspur durch ein kubisches Polynom approximiert und anschließend die Fahrzeuglage in der Fahrspur, der tangentiale Steuerkurzwinkel des Fahrzeugs zur Fahrspur und der Kurvenradius der Fahrspur identifiziert.

Title of the paper

Realtime system identification of an autonomous vehicle using robust camera-based lane detection

Keywords

FAUST, lane detection, image processing, realtime, system identification, curve fitting, lens distortion correction, projective transformation, autonomous vehicle, Carolo-Cup

Abstract

In the research project FAUST at the University of Applied Sciences Hamburg an autonomous model car will be equipped with complex control and mapping systems for the participation at the Carolo-Cup of the Technical University Braunschweig. This thesis describes the development of a lane detection system that provides vital information to the control and mapping systems. Therefore the lane is approximated with a third order polynomial. Consequently the polynomial is used to identify the lateral position and the tangential heading angle of the model car to the lane as well as the radius of curvature of the lane.

Danksagung

An dieser Stelle halte ich es für angebracht mich bei einigen Personen, die mich während des Studiums und bei der Anfertigung dieser Arbeit begleitet und unterstützt haben, zu bedanken.

Allen voran danke ich meinem Betreuer Stephan Pareigis, der mich schon seit dem Bachelor-Studium begleitet. Immer wenn es langweilig zu werden drohte, bot er spannende Aufgaben und Perspektiven. Vermutlich ist er sich gar nicht darüber bewusst, wie sehr er meine Entwicklung positiv beeinflusst hat. Ohne ihn wäre ich heute ein anderer Mensch.

Auch meinem Zweitprüfer Herrn Meisel möchte ich an dieser Stelle für die intensiven Gespräche während der Anfertigung dieser Arbeit danken. Die Fülle an Ideen muss man erstmal verarbeiten...

Mit Enrico Hensel, habe ich einen tollen Kollegen und Freund kennengelernt, mit dem ich viel lachen und schaffen konnte. Dafür danke ich ihm sehr.

Hinter in unserer „Masterecke“ im 7. Stock saß ich mit zwei Frohnaturen, Dirk Ewerlin und Nico Manske, zusammen, mit denen man selbst stressige Zeiten prima durchstehen kann. Vom Fachgespräch zum Lachgespräch gings oft innerhalb einer Sekunde. Kaffee Junge, echt jetzt.

Carsten Schulz gesellte sich sporadisch ebenfalls zu unserer „Masterecke“ hinzu. Auch bei ihm möchte ich mich für die tolle gemeinsame Masterzeit in der Hochschule und außerhalb bedanken. Es hat Spaß gemacht mit dir zu lernen und zu feiern.

Sebastian Gregor war wieder einmal eine verlässliche Hilfe bei der Korrektur dieser Arbeit und sorgte in anstrengenden Zeiten für willkommene Ablenkung durch gemeinsames Fußballschaufen.

Auch den anderen Korrekturlesern Christine Jakstat und Lieselotte Jenning danke ich für die tatkräftige Unterstützung.

Zuletzt möchte ich Kaja danken, weil sie schon so lange mein tolles Mädchen ist.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	1
1.1 Motivation dieser Arbeit	2
1.2 Anwendungsszenario zur Erprobung der Konzepte	3
1.3 Zielvereinbarungen für diese Arbeit	4
1.4 Übersicht der Verfahrensschritte und konsequenter Aufbau dieser Arbeit	5
2 Mathematisches Fahrspurmodell zur Abbildung von Fahrspurmarkierungen	7
2.1 Spezifikation der Anforderungen an das Fahrspurmodell	7
2.2 Auswahl des Koordinatensystems	8
2.3 Fahrspurmodellierung durch ein Polynom 3. Grades	9
2.4 Vorhersage der Polynomparameter für das Folgebild	10
3 Approximation der Fahrspurmodellparameter	14
3.1 Erzeugung diskreter Messwerte durch Fahrspurerkennung im Kamerabild	14
3.2 Linsenverzeichnungskorrektur der Messwerte zur Fehlerminimierung	23
3.3 Projektive Transformation zwischen Bild- und Fahrzeugkoordinatensystem	26
3.4 Identifikation der Polynomparameter durch Ausgleichsrechnung	29
4 Identifikation von Fahrzeuglage, Fahrzeugsteuerkurs und Fahrspurradius	33
4.1 Fahrzeuglage als lateraler Abstand zur Fahrspurmitte	33
4.2 Steuerkurswinkel des Fahrzeugs zur Fahrspur	34
4.3 Kurvenradius der Fahrspur	36
5 Messtechnische Auswertung der Approximation und Identifikation	37
5.1 Beschreibung der Testumgebung	37
5.2 Auswertung der Verfahrensschritte der Approximation	39
5.3 Einfluss von Approximationsungenauigkeiten auf die Identifikation	47
5.4 Tabellarisch zusammengefasster Zeitaufwand des Verfahrens	49
6 Zusammenfassung	52
7 Ausblick auf weiterführende Entwicklungsschritte	53
7.1 Verbesserung des Verfahrens	53
7.2 Automatisierung von Verfahrensschritten	53
7.3 Erweiterung des Verfahrens um dynamische Komponenten	54
Abbildungsverzeichnis	56
Tabellenverzeichnis	59
Listings	60
Literaturverzeichnis	61