

Masterarbeit

zur Erlangung des akademischen Grades
Master of Science (M.Sc.)

Entwicklung einer Bildverarbeitung mit dem Schwerpunkt Personenerkennung für ein autonomes Logistik-Fahrzeug

Autor: Giuliano Montorio
giuliano.montorio@hs-bochum.de
Matrikelnummer: 015202887

Erstgutachter: Prof. Dr.-Ing. Arno Bergmann
Zweitgutachter: M.Sc. Bernd Möllenbeck

Abgabedatum: tt.mm.jjjj

Eidesstattliche Erklärung

Eidesstattliche Erklärung zur Abschlussarbeit:

«Entwicklung einer Bildverarbeitung mit dem Schwerpunkt Personenerkennung für ein autonomes Logistik-Fahrzeug»

Ich versichere, die von mir vorgelegte Arbeit selbstständig verfasst zu haben. Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten oder nicht veröffentlichten Arbeiten anderer entnommen sind, habe ich als entnommen kenntlich gemacht. Sämtliche Quellen und Hilfsmittel, die ich für die Arbeit benutzt habe, sind angegeben. Die Arbeit hat mit gleichem Inhalt bzw. in wesentlichen Teilen noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegen.

Bochum, 24. August 2020

Ort, Datum

Giuliano Montorio

Danksagung

Ein großes Dankeschön gilt all jenen Personen, die mich im Rahmen dieser Masterarbeit begleitet und geholfen haben. Insbesondere möchte ich Herrn Prof. Dr.-Ing. Arno Bergmann, Herrn Bernd Möllenbeck, M.Sc. und Herrn Dr.-Ing. Christoph Krimpmann danken, die unsere Arbeit durch ihre fachliche und persönliche Unterstützung begleitet haben. Auch beim Fachbereich Elektrotechnik und Informatik der Hochschule Bochum, insbesondere Herrn Dipl.-Ing. Thorsten Bartsch möchten wir uns bedanken. Für die Bereitstellung von Informationen und Dokumente sind wir Herrn Dennis Hotze, M.Sc. und der Smart Mechatronics GmbH sehr dankbar, ohne deren Hilfe und finanzielle Unterstützung dieses Projekt nicht möglich gewesen wäre.

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|-----------|
| Abkürzungsverzeichnis | iv |
| Symbolverzeichnis | v |
| 1 Einleitung | 1 |
| 1.1 Motivation durch bestehende Bachelorarbeit | 1 |
| 1.2 Zielsetzung des Projekts | 1 |
| 2 Grundlagen | 2 |
| 2.1 Eigenschaften von neuronalen Netzen | 2 |
| 2.1.1 Lernprozess | 2 |
| 2.1.2 Unterscheidung verschiedener Netze | 2 |
| 2.1.3 Evaluation neuronaler Netze | 2 |
| 2.2 Objekterkennung durch neuronale Netze | 2 |
| 2.2.1 Datensätze | 2 |
| 2.3 Statemachine | 2 |
| 2.4 Bestimmung von Positionskoordinaten | 2 |
| 3 Konzeptionierung | 3 |
| 3.1 Anforderungserhebung mit CONSENS | 3 |
| 3.2 Konzept und Aufbau der Personenerkennung | 3 |
| 3.2.1 Wirkstruktur der Personenerkennung | 3 |
| 3.2.2 Auswahl und Training der verwendeten neuronalen Netze | 3 |
| 3.2.3 Schnittstelle zwischen Python und ROS | 3 |
| 3.2.4 Erstellung von Objektinformationen | 3 |
| 3.3 Funktionsweise des Gesamtsystems | 3 |
| 4 Verifikation | 4 |

| | |
|---------------------------------------|----------|
| 5 Zusammenfassung und Ausblick | 5 |
| Quellenverzeichnis | 6 |
| A Anhang | 8 |
| A.1 Abbildungen | 8 |
| A.2 Inhalt Datenträger | 9 |

Abkürzungsverzeichnis

| | |
|----------------|--|
| ALF | Autonomes Logistik Fahrzeug |
| BLDC | Brushless Direct Current |
| CAN | Controlled Area Network |
| CONSENS | Conceptual Design Specification Technique for the Engineering of Complex Systems |
| EPOS | Entwicklungsplattform Ortsfrequenzfilter-Sensor |
| FMEA | Failure Mode and Effects Analysis |
| LIDAR | Light Detection and Ranging |
| LTI | Linear, zeitinvariantes System |
| MCM | MotorController Module |
| RALF | Regelung eines Autonomen Logistik Fahrzeugs |
| ROS | Robot Operating System |
| RVIZ | ROS Visualization |
| SLAM | Simultaneous Localization and Mapping |
| TEB | Timed Elastic Band |
| TFEST | Transfer Function Estimation |
| URDF | Unified Robot Description Format |
| USBFS | Universal Serial Bus Filesystem |

Symbolverzeichnis

| Symbol | Bedeutung |
|-----------------------------|---|
| D | Dämpfung der Übertragungsfunktion |
| G | Übertragungsfunktion |
| \underline{H} | Hilfsmatrix |
| K_P | Verstärkungsfaktor |
| K_s | Streckenverstärkung |
| \mathcal{L} | Laplace-Transformation |
| M | Momentanpol |
| $\mathcal{O}_{\mathcal{T}}$ | Menge aller Odometriedaten |
| P_a | Skalierungsfaktor für manuellen Betrieb |
| P_m | Skalierungsfaktor für automatischen Betrieb |
| R_c | Circumscribed Radius |
| R_i | Inscribed Radius |
| T | Abklingzeitkonstante |
| T_g | Anstiegszeit |
| T_n | Nachstellzeit |
| T_u | Verzugszeit |
| T_v | Vorhaltezeit |
| U | Laplacetransformierte Eingangsgröße |

| Symbol | Bedeutung |
|-----------------------------|---|
| $\mathcal{X}_{\mathcal{T}}$ | Menge aller Positionsvektoren |
| $\mathcal{Z}_{\mathcal{T}}$ | Menge aller Umgebungsmessungen |
| Y | Laplacetransformierte Ausgangsgröße |
| \vec{a} | Umrechnungsvektor |
| a_i | Koeffizienten der Differentialgleichung der Ausgangsgröße |
| b_j | Koeffizienten der Differentialgleichung der Eingangsgröße |
| \vec{b} | Allgemeines Bewegungsziel |
| c | Rotatorischer Bewegungsbefehl |
| d_i | Reelle Zahl |
| f | Cost Scaling Factor |
| g | Impulsantwort |
| h | Übergangsfunktion |
| \vec{h} | Hilfsvektor |
| i | imaginäre Einheit $i = \sqrt{-1}$ |
| j | Komplexe Zahl $j = \sqrt{-1}$ |
| k | Komplexe Zahl $k = \sqrt{-1}$ |
| m | Karte der Umgebung |
| m_i | Landmarken |
| o | Odometrie |
| p | Wahrscheinlichkeitsfunktion |
| \vec{p} | Orientierungsvektor |
| q | Quaternion |

| Symbol | Bedeutung |
|----------------|---|
| r | Distanz |
| \vec{r}_a | Rotatorisches Bewegungsziel aus automatischen Betrieb |
| \vec{r}_m | Rotatorisches Bewegungsziel aus manuellen Betrieb |
| s | Komplexe Frequenz |
| t | Zeit |
| \vec{t}_{ma} | Translatorisches Bewegungsziel aus manuellen oder automatischen Betrieb |
| u | Eingangsgröße |
| \hat{u} | Sprunghöhe |
| \vec{v} | Geschwindigkeitsvektor |
| w | Führungsgröße |
| \vec{x}_t | Positionsvektor |
| \vec{x}_0 | Startpositionsvektor |
| y | Ausgangsgröße eines Systems |
| z | Messwert der Umgebung |
| α | Fahrtwinkel |
| β | Posenwinkel |
| δ | Impulsfunktion |
| σ | Sprungfunktion |

1 Einleitung

1.1 Motivation durch bestehende Bachelorarbeit

1.2 Zielsetzung des Projekts

2 Grundlagen

2.1 Eigenschaften von neuronalen Netzen

2.1.1 Lernprozess

2.1.2 Unterscheidung verschiedener Netze

2.1.3 Evaluation neuronaler Netze

2.2 Objekterkennung durch neuronale Netze

2.2.1 Datensätze

2.3 Statemachine

2.4 Bestimmung von Positionskoordinaten

3 Konzeptionierung

3.1 Anforderungserhebung mit CONSENS

3.2 Konzept und Aufbau der Personenerkennung

3.2.1 Wirkstruktur der Personenerkennung

3.2.2 Auswahl und Training der verwendeten neuronalen Netze

3.2.3 Schnittstelle zwischen Python und ROS

3.2.4 Erstellung von Objektinformationen

3.3 Funktionsweise des Gesamtsystems

4 Verifikation

5 Zusammenfassung und Ausblick

Quellenverzeichnis

- [1] *Autonomes Fahren in der Logistik*. Zugriff: 11. Feb. 2019. <https://www.iml.fraunhofer.de>.
- [2] Dominik Eickmann und Dennis Hotze. *Entwicklung und Verifikation eines autonomen Logistik-Fahrzeugs*. Masterthesis. Hochschule Bochum - Bochum University of Applied Sciences, Feb. 2018.
- [3] FabianSacilotto. *ROS.org*. Zugriff: 31. Jan. 2019. <http://wiki.ros.org/de>.
- [4] TullyFoote. *ROS.org Concepts*. Zugriff: 31. Jan. 2019. <http://wiki.ros.org/de/ROS/Concepts>.
- [5] BradMiller. *ROS.org Parameter Server*. Zugriff: 31. Jan. 2019. <http://wiki.ros.org/Parameter%20Server>.
- [6] YanqingWu. *ROS.org Master*. Zugriff: 31. Jan. 2019. <http://wiki.ros.org/Master>.
- [7] H. Unbehauen. *Regelungstechnik I: Klassische Verfahren zur Analyse und Synthese linearer kontinuierlicher Regelsysteme*. 9. Auflage. Vieweg + Teubner, 1997.
- [8] Jan Lunze. *Regelungstechnik 1: Systemtheoretische Grundlagen, Analyse und Entwurf einschleifiger Regelungen*. 10. Auflage. Springer Vieweg, 2014.
- [9] Serge Zacher und Manfred Reuter. *Regelungstechnik für Ingenieure: Analyse, Simulation und Entwurf von Regelkreisen*. 15. Auflage. Springer Vieweg, 2017.
- [10] *NM203AR 203mm Heavy duty Mecanum Wheel ,Right*. Zugriff: 31. Jan. 2019. <http://robotchassisparts.com/wp-content/uploads/2016/09/NM203A-layout.pdf>.
- [11] *Mecanum wheels (Ilon wheel)*. Zugriff: 31. Jan. 2019. <http://robotchassisparts.com/wp-content/uploads/2016/09/Mecanum-wheel1-16.pdf>.
- [12] L. Xie u. a. *Heavy-duty omni-directional Mecanum-wheeled robot for autonomous navigation: System development and simulation realization*. 2015 IEEE International Conference on Mechatronics (ICM), März 2015.

- [13] Joachim Hertzberg, Kai Lingemann und Andreas Nüchter. *Mobile Roboter*. Springer Vieweg, 2011.
- [14] Ralph Pütz und Ton Serné. *Rennwagentechnik - Praxislehrgang Fahrdynamik: Eine praktische Anleitung für Amateure und Profis*. Springer Vieweg, 2017.
- [15] Hietzinger Friedhof. *Illustration of Ackermann steering geometry*. Zugriff: 31. Jan. 2019. https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/dd/Ackermann_radius_M.svg.
- [16] Peter Pfeffer und Manfred Harrer. *Lenkungsbandbuch: Lenksysteme, Lenkgefühl, Fahrdynamik von Kraftfahrzeugen*. 2. Auflage. Springer Vieweg, 2013.
- [17] Ltd. Shanghai Slamtec Co. *RPLIDAR A2*. 2016. <http://www.slamtec.com/en/Lidar/A2>.
- [18] Evan-Amos. *Xbox-One-Kinect.jpg*. Zugriff: 31. Jan. 2019. <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f6/Xbox-One-Kinect.jpg>.
- [19] Bruno Siciliano und Oussama Khatib. *Handbook of Robotics*. Springer, 2007.
- [20] Matthias Haun. *Handbuch Robotik: Programmieren und Einsatz intelligenter Roboter*. 2. Auflage. Springer Vieweg, Dez. 2006.
- [21] Leonie Sautter. *Graphbasiertes SLAM mit integrierter Kalibrierung für mobile Roboter*. Diplomarbeit. Karlsruher Institut für Technologie, 2015.
- [22] Kai Arrasm Maren Bennewitz Wolfram Burgard, Cyrill Stachniss. *Introduction to Mobile Robotics*. Zugriff: 31. Jan. 2019. <http://ais.informatik.uni-freiburg.de/teaching/ss12/robotics/slides/12-slam.pdf>.
- [23] Kristof Schroeter. *Probabilistische Methoden für die Roboter-Navigation am Beispiel eines autonomen Shopping-Assistenten*. Doktorarbeit. Technische Universität Ilmenau, 2009.
- [24] Herbet Süße und Erik Rodner. *Bildverarbeitung und Objekterkennung: Computer Vision in Industrie und Medizin*. Springer Vieweg, 2014.
- [25] jarvisschultz. *ROS.org tf*. Zugriff: 31. Jan. 2019. <http://wiki.ros.org/tf>.

A Anhang

A.1 Abbildungen

A.2 Inhalt Datenträger

- 1** Datenblätter
- 2** Programm
- 3** Lastenheft