

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	1
1.2 Zielsetzung des Projekts	1
2 Grundlagen	2
2.1 Eigenschaften von neuronalen Netzen	2
2.1.1 Anwendung von neuronalen Netzen	2
2.1.2 Lernprozess	3
2.1.3 Unterscheidung verschiedener Netze	3
2.1.4 Evaluation neuronaler Netze	3
2.2 Objekterkennung durch neuronale Netze	3
2.2.1 Datensätze	3
2.3 Statemachine	3
2.4 Bestimmung von Positionskoordinaten	3
3 Konzeptionierung	4
3.1 Anforderungserhebung mit CONSENS	4
3.2 Konzept und Aufbau der Personenerkennung	4
3.2.1 Wirkstruktur der Personenerkennung	4
3.2.2 Auswahl und Training der verwendeten neuronalen Netze	4
3.2.3 Schnittstelle zwischen Python und ROS	4
3.2.4 Erstellung von Objektinformationen	4
3.3 Funktionsweise des Gesamtsystems	4
4 Verifikation	5

5 Zusammenfassung und Ausblick	6
Quellenverzeichnis	7
A Anhang	9
A.1 Abbildungen	9
A.2 Inhalt Datenträger	10

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

Das Thema der künstlichen Intelligenz ist heutzutage allgegenwärtig. Beispielsweise wären Smart Home Geräte wie Das autonome Logistikfahrzeug aus der vorangegangenen Bachelorarbeit dient auch in dieser Masterarbeit als Versuchsplattform.

1.2 Zielsetzung des Projekts

Die Herausforderung dieser Masterarbeit galt der Interaktion mit dem Menschen mit dem Roboter und der dadurch resultierenden Bedienung des Systems. Der Informationsfluss geschieht hierbei visuell über die vorhandenen Kinect Kameras und akustisch durch ein vorhandenes Aufnahmegerät. Letzteres wird in der Masterarbeit von Herrn Dittmann behandelt und wird durch geeignete Schnittstellen mit diesem Projekt verknüpft, um ein Gesamtsystem zu bilden.

2 Grundlagen

2.1 Eigenschaften von neuronalen Netzen

Das Neuronennetz des menschlichen Gehirns dient als Vorbild für künstliche, neuronale Netze (KNN). Diese werden heutzutage als Lösung diverser Anwendungsprobleme angewendet, in denen komplexe Strukturen und Muster aus großen Datenmengen erkannt werden sollen. Das in diesem Projekt zugrundeliegende Bildverarbeitungsproblem besitzt die beschriebenen Eigenschaften und eignet sich somit für den Einsatz zur Erkennung von Personen. Anders als bei den meisten programmierten Applikationen ist die Ausgabe von KNN's lediglich probabilistisch. Bei dem vorliegenden, autonomen Logistikfahrzeug werden zur Personenerkennung derartige neuronale Netze verwendet.

2.1.1 Anwendung von neuronalen Netzen

Das Grundlage für die Eingabe in ein neuronales Netz ist die Skalierung der vorliegenden Daten auf eine definierte Größe. Diese wäre beispielsweise bei einem Anwendungsfall mit einer Audiospur die Frequenzspektren oder bei einem Bildverarbeitungsproblem die Pixel eines Bildes. Die skalierten Daten werden in einem Tensor gegeben der die Dimensionen der Eingabe hat. Somit unterteilt sich ein Bild in die drei Dimensionen, die Höhe, die Weite und die Farbwerte der Primärfarben pro Pixel.

2.1.2 Lernprozess

2.1.3 Unterscheidung verschiedener Netze

2.1.4 Evaluation neuronaler Netze

Die Ausgabe von neuronalen Netzen ist probabilistisch und nicht vorhersehbar. Folglich bestehen diverse Metriken für Evaluationen, die derartige Systeme messbar machen.

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