

Stereoscopic Depth Estimation for Online Vision Systems

Nils Einecke



Universitätsverlag Ilmenau
2012

Impressum

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Angaben sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Diese Arbeit hat der Fakultät für Informatik und Automatisierung der Technischen Universität Ilmenau als Dissertation vorgelegen.

Tag der Einreichung: 28. Oktober 2011

1. Gutachter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Horst-Michael Groß
(Technische Universität Ilmenau)

2. Gutachter: Dr. rer. nat. Julian Eggert
(Honda Research Institute Europe GmbH, Offenbach/Main)

3. Gutachter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Darius Burschka
(Technische Universität München)

Tag der Verteidigung: 21. August 2012

Technische Universität Ilmenau/Universitätsbibliothek

Universitätsverlag Ilmenau

Postfach 10 05 65

98684 Ilmenau

www.tu-ilmenau.de/universitaetsverlag

Herstellung und Auslieferung

Verlagshaus Monsenstein und Vannerdat OHG

Am Hawerkamp 31

48155 Münster

www.mv-verlag.de

ISBN 978-3-86360-044-0 (Druckausgabe)

URN urn:nbn:de:gbv:ilm1-2012000243

Titelfoto: photocase.com

Contents

| | |
|--|------------|
| Kurzfassung | vii |
| Abstract | ix |
| 1. Introduction | 1 |
| 2. Stereoscopic Depth Perception | 5 |
| 2.1. Human Stereoscopic Vision | 5 |
| 2.2. 3-D View Geometry | 9 |
| 2.2.1. Perspective Projection | 9 |
| 2.2.2. Epipolar Constraint in Stereo Cameras | 12 |
| 2.2.3. Parallel Stereo Camera Setup | 15 |
| 3. Dense and Accurate Stereo Correspondence Calculation | 19 |
| 3.1. State-of-the-Art Stereo Algorithms | 20 |
| 3.1.1. Correlation-based Stereo | 21 |
| 3.1.2. Global Stereo Matching | 26 |
| 3.1.3. Semi-Global Matching | 30 |
| 3.1.4. Discussion | 32 |
| 3.2. A Two-Stage Correlation Method for Stereoscopic Depth Estimation | 32 |
| 3.2.1. The Fattening Problem of NCC | 32 |
| 3.2.2. Summed Normalized Cross-Correlation (SNCC) | 36 |
| 3.2.3. Computational Complexity of SNCC | 38 |
| 3.3. Evaluation | 40 |
| 3.3.1. Stereo Algorithm | 40 |
| 3.3.2. Experimental Setup | 40 |
| 3.3.3. Experimental Results | 41 |
| 3.3.4. Runtime | 48 |
| 3.4. Summary | 53 |

| | |
|---|------------|
| 4. Model-Based Depth Estimation | 55 |
| 4.1. Limits of Block-Matching Stereo Processing | 56 |
| 4.2. Related Work | 57 |
| 4.2.1. RANSAC | 57 |
| 4.2.2. Homography-constrained Depth Estimation . . . | 58 |
| 4.2.3. Affine-constrained Depth Estimation | 59 |
| 4.3. Direct Surface Fitting | 60 |
| 4.3.1. Planar Model | 61 |
| 4.3.2. Spherical Model | 63 |
| 4.3.3. Cylindrical Model | 65 |
| 4.3.4. Model Parameter Estimation | 67 |
| 4.4. Evaluation | 70 |
| 4.4.1. Proof-Of-Concept | 70 |
| 4.4.2. Comparison | 74 |
| 4.5. Sparse Direct Surface Fitting | 84 |
| 4.6. Summary | 88 |
| | |
| 5. Application to Vision Systems | 91 |
| 5.1. Car Detection System | 91 |
| 5.1.1. System Target | 92 |
| 5.1.2. System Structure | 92 |
| 5.1.3. Related Work | 98 |
| 5.1.4. Experiments | 100 |
| 5.1.5. Discussion | 105 |
| 5.2. Robotic Vision System | 106 |
| 5.2.1. System Target | 106 |
| 5.2.2. Related Work | 107 |
| 5.2.3. System Structure | 108 |
| 5.2.4. Experiments | 114 |
| 5.2.5. Discussion | 119 |
| | |
| 6. Summary | 121 |
| | |
| A. Derivation of Model-Based Mapping | 125 |
| A.1. Planar Model | 125 |
| A.2. Spherical Model | 128 |
| A.3. Cylindric Model | 132 |

| | |
|--|------------|
| B. Results on Common Stereo Scenes | 141 |
| C. Further Analyses of Stereoscopic Car Detection | 145 |
| Bibliography | 149 |