Hard metrology of the human visual perception

by

Lukas Schwörer

Matriculation number: 65283

A bachelor thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of the

Bachelor of Engineering (B. Eng.)
in Mechatronics
at Aalen University

Supervisors:
Prof. Dr. Ulrich Schmitt (Aalen University)
Sabina Rebeggiani (Halmstad University)

Submitted on:
November 20th, 2020

Preface

Abstract

Kurzfassung

Acknowledgement

At this point I would like to thank the following people who made my bachelor thesis possible and supported me during my time in Sweden:

- **Sabina Rebeggiani** for being a great supervisor during my time in Sweden. She taught me a lot of knowledge about surface metrology and the scientific of working.
- **Martin Bergman** for supervising me in the relationship with Volvo and teaching me about design and soft metrology.
- **Lars Bååth** for supervising me with the optics and physics of the project.
- **Ulrich Schmitt** for supervising me at Aalen University during my bachelor thesis.
- **Rainer Börret** for supervising me at Aalen University during my bachelor thesis and making my studies abroad possible.
- **Volvo Cars**, especially Ola Wagersten, Anna Larsson and Viktor Wadenvik for the bi-weekly meetings and the provided information about soft metrology and the quality control process at Volvo Cars.
- **Tim Malmgren and Joakim Wahlberg** for always helping out with practical work and the machines in FabLAB.
- **Lukas Ziegler** for his help during the last month of my thesis.

Last but not least I want to thank my family for their continuous support they have given me throughout my time in Sweden and my whole studies.

Table of Contents

1. Introduction

2. Theoretical Background

2.1. Numerical Mathmatic

2.1.1. Fractional Mathmatic

2.1.2. Floatingpoint Mathmatic

3. Hardware and Software

3.1. Hardware

3.2. Software

3.2.1. Matlab - Simulink

3.2.2. Code Composer Studio

3.2.3. Python

3.2.4. Git

4. Experimental

4.1. Initial Considerations

4.2. Parameter Identification

4.3. Simulink Model

4.4. Code Generation

4.5. Mechanical Implementation

4.6. System Testing

4.6.1. Numerical Mathmatic

4.6.2.

5. Results and Discussion

6. Conclusion

7. Outlook

8. List of Figures

9. List of Tables

Appendix

A. Additional Topics

B. List of Companies

Company: Volvo Cars

Website: `https://www.volvocars.com/se`

Company: The MathWorks, Inc.

Website: `https://www.mathworks.com/`

Company: National Instruments

Website: `https://www.ni.com/`

Company: Tamron

Website: `https://www.tamron.com/`

Company: LUCID Vision Labs

Website: `https://thinklucid.com/`

Company: Thorlabs, Inc.

Website: `https://www.thorlabs.com/`

Company: DIGI International, Inc.

Website: `https://www.digi.com/`

Company: MikroTik

Website: `https://mikrotik.com/`

C. Network setup and configuration

D. Organisation Chart

E. Source Code

E.1. Transmission evaluation

```
function TransmissionEvaluation()
% FUNCTION NAME:
%    TransmissionEvaluation()
%
% DESCRIPTION:
%    Computes the the average intensity of all binary
%        images in a directory selected by the user.
%
% INPUT:
%    None
%
% OUTPUT:
%    None
%
% Created:
%    Author:              Lukas Schwoerer
%        Date:            03.07.2020
%        Version:         V1.0
%

%% Initialize variables
clear all
listcounter = 1;


%% Select image folder and compile image list
path = uigetdir(pwd, 'Select image folder');
dircontent = dir(path);

for i = 1 : length(dircontent)
        if contains(dircontent(i).name, '.bin')

                imagelist(listcounter) = strcat(dircontent(i).
                    folder, "/", dircontent(i).name);
                listcounter = listcounter + 1;

        end
end

```

```
39
40 %% Calculate mean value for all images in imagelist
41 for i = 1 : length(imagelist)
42
43         fid = fopen(imagelist(i),'r');
44     tmpimg = fread(fid,[2048, 2048],'*uint16'); %Read images
           from binary file
45     fclose(fid);
46
47         tmpimg = double(tmpimg)/2^12; %Scale 16bit image value
               into a range from 0-1
48
49         disp(imagelist(i)); %Display image name
50         disp(mean(tmpimg, 'all')); %Display mean intensity
51
52 end
53 end
```

Eidesstattliche Erklärung

Name: Schwörer	**Vorname:** Lukas
Matrikel-Nr.: 65283	**Studiengang:** Mechatronik

Hiermit versichere ich, **Lukas Schwörer**, an Eides statt, dass ich die vorliegende Bachelorarbeit
an der **University of Halmstad**
mit dem Titel **„Hard metrology of the human visual perception“**
selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe. Die Stellen der Arbeit, die dem Wortlaut oder dem Sinne nach anderen Werken entnommen wurden, sind in jedem Fall unter Angabe der Quelle kenntlich gemacht.

Ich habe die Bedeutung der eidesstattlichen Versicherung und prüfungsrechtlichen Folgen (§23 Abs. 3 des allg. Teils der Bachelor-SPO der Hochschule Aalen) sowie die strafrechtlichen Folgen (siehe unten) einer unrichtigen oder unvollständigen eidesstattlichen Versicherung zur Kenntnis genommen.

Auszug aus dem Strafgesetzbuch (StGB)

§156 StGB Falsche Versicherung an Eides Statt Wer von einer zur Abnahme einer Versicherung an Eides Statt zuständigen Behörde eine solche Versicherung falsch abgibt oder unter Berufung auf eine solche Versicherung falsch aussagt, wird mit Freiheitsstrafe bis zu drei Jahren oder mit Geldstrafe bestraft.

Ort, Datum	Unterschrift