



IT Systems Engineering  
Universität Potsdam

## **Bachelor's Thesis**

# **Racing Line Detection - Recording and Comparison of Racing Lines**

**Ideallinienerkennung - Aufnahme und Vergleich von Ideallinien**

by

**Tim Oesterreich**

Potsdam, June 2016

**Supervisor**

Prof. Dr. Christoph Meinel,  
Philipp Berger, Patrick Hennig

**Internet-Technologies and Systems Group**

## Disclaimer

I certify that the material contained in this dissertation is my own work and does not contain significant portions of unreferenced or unacknowledged material. I also warrant that the above statement applies to the implementation of the project and all associated documentation.

Hiermit versichere ich, dass diese Arbeit selbständig verfasst wurde und dass keine anderen Quellen und Hilfsmittel als die angegebenen benutzt wurden. Diese Aussage trifft auch für alle Implementierungen und Dokumentationen im Rahmen dieses Projektes zu.

Potsdam, June 2, 2016

---

(Tim Oesterreich)

### **Kurzfassung**

deutsche Zusammenfassung... Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. In erat mauris, faucibus quis pharetra sit amet, pretium ac libero. Etiam vehicula eleifend bibendum. Morbi gravida metus ut sapien condimentum sodales mollis augue sodales. Vestibulum quis quam at sem placerat aliquet. Curabitur a felis at sapien ullamcorper fermentum. Mauris molestie arcu et lectus iaculis sit amet eleifend eros posuere. Fusce nec porta orci.

Integer vitae neque odio, a sollicitudin lorem. Aenean orci mauris, tristique luctus fermentum eu, feugiat vel massa. Fusce sem sem, egestas nec vulputate vel, pretium sit amet mi. Fusce ut nisl id risus facilisis euismod. Curabitur et elementum purus. Duis tincidunt fringilla eleifend. Morbi id lorem eu ante adipiscing feugiat. Sed congue erat in enim eleifend dignissim at in nisl. Donec tortor mauris, mollis vel pretium vitae, lacinia nec sapien. Donec erat neque, ullamcorper tincidunt iaculis sit amet, pharetra bibendum ipsum. Nunc mattis risus ac ante consequat nec pulvinar neque molestie. Etiam interdum nunc at metus lacinia non varius erat dignissim. Integer elementum, felis id facilisis vulputate, ipsum tellus venenatis dui, at blandit nibh massa in dolor. Cras a ultricies sapien. Vivamus adipiscing feugiat pharetra.

## Abstract

//TODO

Motor racing is all about getting around a track as fast as possible. One of the most important and most driver-influenced steps in achieving best times is the racing line, especially hitting the ideal racing line through corners.

Being able to track and compare difficult corners helps professional racing drivers to gain the necessary tenth of a second to have an advantage over the competitors and racing beginners to learn track driving more quickly and efficiently.

This paper investigates ways of automatically recording the racing line from within the car using different methods like Visual Odometry and lane detection and use the extracted data to compare and analyse the driving behaviour of different drivers.

## Contents

<b>1. Introduction</b>	<b>1</b>
1.1. Motivation . . . . .	1
1.2. Project Scope . . . . .	1
1.3. Problem Introduction/Description/Context . . . . .	1
<b>2. Related Work</b>	<b>2</b>
<b>3. Algorithm/Concept</b>	<b>5</b>
3.1. Recording . . . . .	5
3.1.1. Visual Odometry . . . . .	5
3.1.2. Lane Detection . . . . .	5
3.1.3. GPS/Other Real Time Location Services . . . . .	5
3.2. Comparing . . . . .	5
3.2.1. Visual Comparison of Racing Line . . . . .	5
3.2.2. Mathematical Comparison using Sensordata . . . . .	5
<b>4. Implementation</b>	<b>6</b>
4.1. Hardware Setup . . . . .	6
4.2. CUDA-accelerated Algorithms . . . . .	6
<b>5. Evaluation</b>	<b>6</b>
5.1. Visual Odometry for recording Racing Lines . . . . .	6
5.2. Usefulness of Racing Line Comparison . . . . .	6
<b>6. Future Work</b>	<b>7</b>
6.1. Open Research Questions . . . . .	7
6.2. Extensions . . . . .	7
<b>7. Conclusion</b>	<b>9</b>
<b>Bibliography</b>	<b>11</b>
<b>A. Appendix</b>	<b>12</b>

## **1. Introduction**

### **1.1. Motivation**

### **1.2. Project Scope**

### **1.3. Problem Introduction/Description/Context**

Brief Thesis Structure

## 2. Related Work

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. In erat mauris, faucibus quis pharetra sit amet, pretium ac libero. Etiam vehicula eleifend bibendum. Morbi gravida metus ut sapien condimentum sodales mollis augue sodales. Vestibulum quis quam at sem placerat aliquet. Curabitur a felis at sapien ullamcorper fermentum. Mauris molestie arcu et lectus iaculis sit amet eleifend eros posuere. Fusce nec porta orci.

Integer vitae neque odio, a sollicitudin lorem. Aenean orci mauris, tristique luctus fermentum eu, feugiat vel massa. Fusce sem sem, egestas nec vulputate vel, pretium sit amet mi. Fusce ut nisl id risus facilisis euismod. Curabitur et elementum purus. Duis tincidunt fringilla eleifend. Morbi id lorem eu ante adipiscing feugiat. Sed congue erat in enim eleifend dignissim at in nisl. Donec tortor mauris, mollis vel pretium vitae, lacinia nec sapien. Donec erat neque, ullamcorper tincidunt iaculis sit amet, pharetra bibendum ipsum. Nunc mattis risus ac ante consequat nec pulvinar neque molestie. Etiam interdum nunc at metus lacinia non varius erat dignissim. Integer elementum, felis id facilisis vulputate, ipsum tellus venenatis dui, at blandit nibh massa in dolor. Cras a ultricies sapien. Vivamus adipiscing feugiat pharetra. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. In erat mauris, faucibus quis pharetra sit amet, pretium ac libero. Etiam vehicula eleifend bibendum. Morbi gravida metus ut sapien condimentum sodales mollis augue sodales. Vestibulum quis quam at sem placerat aliquet. Curabitur a felis at sapien ullamcorper fermentum. Mauris molestie arcu et lectus iaculis sit amet eleifend eros posuere. Fusce nec porta orci.

Integer vitae neque odio, a sollicitudin lorem. Aenean orci mauris, tristique luctus fermentum eu, feugiat vel massa. Fusce sem sem, egestas nec vulputate vel, pretium sit amet mi. Fusce ut nisl id risus facilisis euismod. Curabitur et elementum purus. Duis tincidunt fringilla eleifend. Morbi id lorem eu ante adipiscing feugiat. Sed congue erat in enim eleifend dignissim at in nisl. Donec tortor mauris, mollis vel pretium vitae, lacinia nec sapien. Donec erat neque, ullamcorper tincidunt iaculis sit amet, pharetra bibendum ipsum. Nunc mattis risus ac ante consequat nec pulvinar neque molestie. Etiam interdum nunc

at metus lacinia non varius erat dignissim. Integer elementum, felis id facilisis vulputate, ipsum tellus venenatis dui, at blandit nibh massa in dolor. Cras a ultricies sapien. Vivamus adipiscing feugiat pharetra. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. In erat mauris, faucibus quis pharetra sit amet, pretium ac libero. Etiam vehicula eleifend bibendum. Morbi gravida metus ut sapien condimentum sodales mollis augue sodales. Vestibulum quis quam at sem placerat aliquet. Curabitur a felis at sapien ullamcorper fermentum. Mauris molestie arcu et lectus iaculis sit amet eleifend eros posuere. Fusce nec porta orci.

Integer vitae neque odio, a sollicitudin lorem. Aenean orci mauris, tristique luctus fermentum eu, feugiat vel massa. Fusce sem sem, egestas nec vulputate vel, pretium sit amet mi. Fusce ut nisl id risus facilisis euismod. Curabitur et elementum purus. Duis tincidunt fringilla eleifend. Morbi id lorem eu ante adipiscing feugiat. Sed congue erat in enim eleifend dignissim at in nisl. Donec tortor mauris, mollis vel pretium vitae, lacinia nec sapien. Donec erat neque, ullamcorper tincidunt iaculis sit amet, pharetra bibendum ipsum. Nunc mattis risus ac ante consequat nec pulvinar neque molestie. Etiam interdum nunc at metus lacinia non varius erat dignissim. Integer elementum, felis id facilisis vulputate, ipsum tellus venenatis dui, at blandit nibh massa in dolor. Cras a ultricies sapien. Vivamus adipiscing feugiat pharetra. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. In erat mauris, faucibus quis pharetra sit amet, pretium ac libero. Etiam vehicula eleifend bibendum. Morbi gravida metus ut sapien condimentum sodales mollis augue sodales. Vestibulum quis quam at sem placerat aliquet. Curabitur a felis at sapien ullamcorper fermentum. Mauris molestie arcu et lectus iaculis sit amet eleifend eros posuere. Fusce nec porta orci.

Integer vitae neque odio, a sollicitudin lorem. Aenean orci mauris, tristique luctus fermentum eu, feugiat vel massa. Fusce sem sem, egestas nec vulputate vel, pretium sit amet mi. Fusce ut nisl id risus facilisis euismod. Curabitur et elementum purus. Duis tincidunt fringilla eleifend. Morbi id lorem eu ante adipiscing feugiat. Sed congue erat in enim eleifend dignissim at in nisl. Donec tortor mauris, mollis vel pretium vitae, lacinia nec sapien. Donec erat neque, ullamcorper tincidunt iaculis sit amet, pharetra bibendum ipsum. Nunc mat-



tis risus ac ante consequat nec pulvinar neque molestie. Etiam interdum nunc at metus lacinia non varius erat dignissim. Integer elementum, felis id facilisis vulputate, ipsum tellus venenatis dui, at blandit nibh massa in dolor. Cras a ultricies sapien. Vivamus adipiscing feugiat pharetra. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. In erat mauris, faucibus quis pharetra sit amet, pretium ac libero. Etiam vehicula eleifend bibendum. Morbi gravida metus ut sapien condimentum sodales mollis augue sodales. Vestibulum quis quam at sem placerat aliquet. Curabitur a felis at sapien ullamcorper fermentum. Mauris molestie arcu et lectus iaculis sit amet eleifend eros posuere. Fusce nec porta orci.

Integer vitae neque odio, a sollicitudin lorem. Aenean orci mauris, tristique luctus fermentum eu, feugiat vel massa. Fusce sem sem, egestas nec vulputate vel, pretium sit amet mi. Fusce ut nisl id risus facilisis euismod. Curabitur et elementum purus. Duis tincidunt fringilla eleifend. Morbi id lorem eu ante adipiscing feugiat. Sed congue erat in enim eleifend dignissim at in nisl. Donec tortor mauris, mollis vel pretium vitae, lacinia nec sapien. Donec erat neque, ullamcorper tincidunt iaculis sit amet, pharetra bibendum ipsum. Nunc mattis risus ac ante consequat nec pulvinar neque molestie. Etiam interdum nunc at metus lacinia non varius erat dignissim. Integer elementum, felis id facilisis vulputate, ipsum tellus venenatis dui, at blandit nibh massa in dolor. Cras a ultricies sapien. Vivamus adipiscing feugiat pharetra.

### **3. Algorithm/Concept**

#### **3.1. Recording**

##### **3.1.1. Visual Odometry**

##### **3.1.2. Lane Detection**

##### **3.1.3. GPS/Other Real Time Location Services**

#### **3.2. Comparing**

##### **3.2.1. Visual Comparison of Racing Line**

##### **3.2.2. Mathematical Comparison using Sensordata**

## **4. Implementation**

### **4.1. Hardware Setup**

### **4.2. CUDA-accelerated Algorithms**

## **5. Evaluation**

### **5.1. Visual Odometry to record Racing Lines**

Pro: Many Datapoints (in theory up to Framerate positions per second) Capable of detecting fairly slight movements No need for external sensors (apart from camera which already exists) works in every environment (especially where there is no or poor GPS signal)

Con: uses fairly expensive operations in praxis mobile-range computers will only reach up to 10 fps no constant speed (slows down in areas with many feature points (like forests)) fairly error prone rounding errors and inaccurate calculations add up and distort the racing line

### **5.2. Usefulness of Racing Line Comparison**

## 6. Future Work

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. In erat mauris, faucibus quis pharetra sit amet, pretium ac libero. Etiam vehicula eleifend bibendum. Morbi gravida metus ut sapien condimentum sodales mollis augue sodales. Vestibulum quis quam at sem placerat aliquet. Curabitur a felis at sapien ullamcorper fermentum. Mauris molestie arcu et lectus iaculis sit amet eleifend eros posuere. Fusce nec porta orci.

### 6.1. Open Research Questions

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. In erat mauris, faucibus quis pharetra sit amet, pretium ac libero. Etiam vehicula eleifend bibendum. Morbi gravida metus ut sapien condimentum sodales mollis augue sodales. Vestibulum quis quam at sem placerat aliquet. Curabitur a felis at sapien ullamcorper fermentum. Mauris molestie arcu et lectus iaculis sit amet eleifend eros posuere. Fusce nec porta orci.

Integer vitae neque odio, a sollicitudin lorem. Aenean orci mauris, tristique luctus fermentum eu, feugiat vel massa. Fusce sem sem, egestas nec vulputate vel, pretium sit amet mi. Fusce ut nisl id risus facilisis euismod. Curabitur et elementum purus. Duis tincidunt fringilla eleifend. Morbi id lorem eu ante adipiscing feugiat. Sed congue erat in enim eleifend dignissim at in nisl. Donec tortor mauris, mollis vel pretium vitae, lacinia nec sapien. Donec erat neque, ullamcorper tincidunt iaculis sit amet, pharetra bibendum ipsum. Nunc mattis risus ac ante consequat nec pulvinar neque molestie. Etiam interdum nunc at metus lacinia non varius erat dignissim. Integer elementum, felis id facilisis vulputate, ipsum tellus venenatis dui, at blandit nibh massa in dolor. Cras a ultricies sapien. Vivamus adipiscing feugiat pharetra.

### 6.2. Extensions

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. In erat mauris, faucibus quis pharetra sit amet, pretium ac libero. Etiam vehicula eleifend bibendum.

dum. Morbi gravida metus ut sapien condimentum sodales mollis augue sodales. Vestibulum quis quam at sem placerat aliquet. Curabitur a felis at sapien ullamcorper fermentum. Mauris molestie arcu et lectus iaculis sit amet eleifend eros posuere. Fusce nec porta orci.

Integer vitae neque odio, a sollicitudin lorem. Aenean orci mauris, tristique luctus fermentum eu, feugiat vel massa. Fusce sem sem, egestas nec vulputate vel, pretium sit amet mi. Fusce ut nisl id risus facilisis euismod. Curabitur et elementum purus. Duis tincidunt fringilla eleifend. Morbi id lorem eu ante adipiscing feugiat. Sed congue erat in enim eleifend dignissim at in nisl. Donec tortor mauris, mollis vel pretium vitae, lacinia nec sapien. Donec erat neque, ullamcorper tincidunt iaculis sit amet, pharetra bibendum ipsum. Nunc mattis risus ac ante consequat nec pulvinar neque molestie. Etiam interdum nunc at metus lacinia non varius erat dignissim. Integer elementum, felis id facilisis vulputate, ipsum tellus venenatis dui, at blandit nibh massa in dolor. Cras a ultricies sapien. Vivamus adipiscing feugiat pharetra.

## 7. Conclusion

---

## References

## A. Appendix

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. In erat mauris, faucibus quis pharetra sit amet, pretium ac libero. Etiam vehicula eleifend bibendum. Morbi gravida metus ut sapien condimentum sodales mollis augue sodales. Vestibulum quis quam at sem placerat aliquet. Curabitur a felis at sapien ullamcorper fermentum. Mauris molestie arcu et lectus iaculis sit amet eleifend eros posuere. Fusce nec porta orci.

Integer vitae neque odio, a sollicitudin lorem. Aenean orci mauris, tristique luctus fermentum eu, feugiat vel massa. Fusce sem sem, egestas nec vulputate vel, pretium sit amet mi. Fusce ut nisl id risus facilisis euismod. Curabitur et elementum purus. Duis tincidunt fringilla eleifend. Morbi id lorem eu ante adipiscing feugiat. Sed congue erat in enim eleifend dignissim at in nisl. Donec tortor mauris, mollis vel pretium vitae, lacinia nec sapien. Donec erat neque, ullamcorper tincidunt iaculis sit amet, pharetra bibendum ipsum. Nunc mattis risus ac ante consequat nec pulvinar neque molestie. Etiam interdum nunc at metus lacinia non varius erat dignissim. Integer elementum, felis id facilisis vulputate, ipsum tellus venenatis dui, at blandit nibh massa in dolor. Cras a ultricies sapien. Vivamus adipiscing feugiat pharetra.