

Computer Systems and Telematics — Distributed, Embedded Systems

Bachelorarbeit

# Design und Implementierung eines Referenzsystems zur indoor Lokalisierung auf Basis RGB-D Featuretrackings

Benjamin Aschenbrenner

Matr. 4292264

Betreuer: Prof. Dr. rer. nat. Mesut Güneş  
Betreuender Assistent: Dipl.-Inf. Heiko Will

---

Institut für Informatik, Freie Universität Berlin, Deutschland

28. Juli 2011



Ich versichere, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten Schriften entnommen wurden, sind als solche gekennzeichnet. Die Zeichnungen oder Abbildungen sind von mir selbst erstellt worden oder mit entsprechenden Quellennachweisen versehen. Diese Arbeit ist in gleicher oder ähnlicher Form noch bei keiner Prüfungsbehörde eingereicht worden.

Berlin, den 28. Juli 2011

---

(Benjamin Aschenbrenner)



---

# Zusammenfassung

## Zusammenfassung

Das Forschungsprojekt Indoorlokalisierung der Arbeitsgruppe Computer Systems and Telematics beschäftigt sich mit der Positionsbestimmung in GPS-freien Umgebungen anhand von Signallaufzeiten zwischen mobilen Sensorknoten. Der Schwerpunkt dieser Bachelorarbeit liegt darin, ein möglichst genaues Testsystem für die Indoorlokalisierung anhand von visuellen Daten zu entwickeln. Dabei werden Microsoft Kinects eingesetzt, durch die es möglich wird, Räume dreidimensional zu erfassen.

## Abstract

The indoor localization research project of the computer systems and telematics departement works on positioning determination in gps-less areas using signal propagation delays between mobile sensory nodes. The main focus of this bachelor thesis is to develop an accurate testing system for indoor localization based on visual data. In doing so, Microsoft Kinects are used, which enable three dimensional room capturing.



---

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>ix</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>xi</b>
<b>Quellcodeverzeichnis</b>	<b>xiii</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1 Motivation . . . . .	1
1.2 Lösungsansätze . . . . .	2
1.3 Aufgabenstellung . . . . .	2
<b>2 Umsetzung</b>	<b>5</b>
2.1 Konzept . . . . .	5
2.2 Soft- und Hardware . . . . .	5
2.2.1 Microsoft Kinect . . . . .	5
2.2.2 Robot Operating System . . . . .	5
2.2.3 rgbdsam . . . . .	6
2.3 Pathfinder . . . . .	6
<b>3 Analyse</b>	<b>7</b>
3.1 Testlauf . . . . .	7
3.2 Genauigkeit . . . . .	7
3.3 Fazit . . . . .	7
<b>4 Ausblick</b>	<b>9</b>
<b>5 Anhang</b>	<b>11</b>





---

# Abbildungsverzeichnis



---

# Tabellenverzeichnis



---

# Quellcodeverzeichnis



---

# KAPITEL 1

---

## Einleitung

### 1.1 Motivation

Systeme zur Positionsbestimmung werden für zahlreiche Zwecke genutzt und deren Bedeutung wächst parallel zur Verbreitung immer neuer sogenannter *location based services* und deren wachsender Nutzung. Für Anwendungen im Freien haben sich Satelliten gestützte Systeme, welche hohe Genauigkeit bieten, etabliert. Als bekanntes Beispiel sei hier das *NAVSTAR-GPS* genannt, welches sich auch im zivil nutzen lässt. Allerdings ergeben sich viele Anwendungsumgebungen, in denen derartige Systeme gar nicht, bzw. nur ungenau funktionieren oder bewusst aus Kostengründen gemieden werden. Dies sind typischerweise Umgebungen in denen die Satellitensignale zu stark gedämpft werden oder vor allem durch Reflexionen bedingte Laufzeitverschiebungen, sich negativ auf die Genauigkeit auswirken, wie z.B.:

- innerhalb von Gebäuden (“indoor”)
- im Untergrund (Tunnel, Höhlen u.ä.)
- im Bereich dicht bebauter urbaner Gebiete (Mehrwegeausbreitung)

Um in solchen Umgebungen dennoch Lokalisierung zu ermöglichen wurden und werden viele theoretische Konzepte und konkrete Systeme entwickelt. Einen Überblick hierzu bietet [Quelle anbringen \(mobile entity localization and tracking in GPS less environments - Buch\)](#) [Quelle anbringen \(mobile entity localization and tracking in GPS less environments - Buch\)](#) Auch in der Arbeitsgruppe *Computer Systems & Telematics*, an der *FU-Berlin*, wurde dem Problem der indoor Lokalisierung mit der Entwicklung eines *Wireless Sensor Network (WSN)* basiertem Systems im Rahmen des Forschungsprojektes *FeuerWhere*, begegnet. Dieses Projekt entstand u.a. in Kooperation mit der Berliner Feuerwehr. [ist das wichtig zu wissen an dieser Stelle?](#) Ziel bei der Entwicklung war ein flexibles indoor Lokalisierungssystem zu schaffen, welches mit low-cost Komponenten bzw. ohne Spezialhardware konstruiert wurde. Im Kern ist das System in der Lage die Entfernung zwischen involvierten Sensorknoten zu bestimmen und dadurch Rückschlüsse auf deren Position zu ermöglichen. In dem WSN unterscheidet man zwei Arten von Knoten, mobile Knoten und Anker Knoten. Diese unterscheiden sich nur dadurch, dass die Position eines Anker Knotens bekannt ist. Bei

einer hinreichenden Zahl von Anker Knoten im WSN kann dann per Trilateration bzw. Multilateration die Position eines mobilen Knotens ermittelt werden. **add figure principle of trilateration ?** Die Entfernungsmessung zwischen zwei Knoten geschieht hierbei durch Laufzeitmessungen von per Funk gesendeten Round Trip Time (RTT) Paketen, wodurch eine teure sowie aufwendige Zeit-Synchronisierung zwischen den Knoten entfällt, da bei der Messung der RTT nur ein Knoten die Zeit berechnet. Diese Laufzeitmessungen sind jedoch durch in der Hardware auftretenden Jitter und in *non-line of sight*(NLOS) Umgebungen auftretende Mehrwegeausbreitung fehlerbehaftet. Die genaue Funktionsweise und Untersuchung der Auftretenden Fehler ist beschrieben in. **hier würde ich natürlich gerne Heiko's paper reffen. Frage: Ist das schon erlaubt?** Um diesen Fehler zu untersuchen, ist es sehr nützlich, ein möglichst genaues aber ebenso flexibles Testsystem **Referenzsystem?** zur Verfügung zu haben, welches mögliche Anpassungen, Konfigurationen und Einsatzszenarien des indoor Lokalisierungssystems, in Hinblick auf dessen Genauigkeit, evaluierbar macht. Der Implementierung und Analyse eines solchen Referenzsystems widmet sich diese Arbeit.

### TODO

1. Hinweis auf Simons Arbeit
2. Glossar hinzufügen und Begriffe taggen

## 1.2 Lösungsansätze

### TODO

- Voraussetzungen:
  1. mobiles Testsystem
  2. Microsoft Kinect
- statischer Referenzsystem (Teststrecke statisch, z.B. durch Schiene)
- dynamischer Referenzsystem (Teststrecke dynamisch)
- Fazit -> dynamische Systeme sind besser weil:
  1. verschiedene Strecken machen Zusammenhänge sichtbar
  2. Vergleich mit anderen Lokalisierungssystemen
- Beschränkungen durch Testumgebung:
  1. kein GPS
  2. indoor NLOS
  3. Testsystem sollte genauere Lokalisierung ermöglichen als das zu evaluierende System

## 1.3 Aufgabenstellung

### TODO

- allgemeines Ziel formulieren



1. mobiles Testsystem
2. Steuerung (autonom/Tastatur)
3. Aufzeichnen des Pfades
4. Karte erstellen und Pfad dort einzeichnen



---

## KAPITEL 2

---

# Umsetzung

### 2.1 Konzept

lorem ipsum!

### 2.2 Soft- und Hardware

Im Folgenden werden die wichtigsten Konzepte näher erläutert.

#### 2.2.1 Microsoft Kinect

##### **TODO**

- figure Genauigkeit in Abhängigkeit zur Entfernung
- Funktionsweise des PrimeSense
- mit Simon abstimmen

fakten:

- aufbau (kamera, ir, ir-kamera)
- Auflösung

#### 2.2.2 Robot Operating System

- grundlegendes Prinzip und Aufbau
  - Stacks
  - Nodes
  - inter Node-Kommunikation per Messages via Topics

### 2.2.3 rgbdslam

## 2.3 Pathfinder

lorem ipsum!

---

---

## KAPITEL 3

---

# Analyse

### 3.1 Testlauf

lorem ipsum!

### 3.2 Genauigkeit

lorem ipsum!

### 3.3 Fazit

lorem ipsum!



---

---

## KAPITEL 4

---

# Ausblick

lorem ipsum!





---

## KAPITEL 5

---

# Anhang

lorem ipsum!