



# Range Only Simultaneous Localization and Mapping with Ultra-Wideband

Exposé zur Bachelorarbeit

FH Aachen  
Elektrotechnik und Informationstechnik  
Fachgebiet Robotik

Albert Kasdorf  
Matr.-Nr.: 3029294

Betreuer:  
Prof. Dr. rer. nat. Alexander Ferrein



# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einführung</b>	<b>5</b>
1.1	Aufgabenstellung . . . . .	5
1.2	Motivation . . . . .	5
1.3	Zielsetzung . . . . .	5
1.4	Gliederung . . . . .	5
<b>2</b>	<b>Grundlagen</b>	<b>7</b>
2.1	Verfahren für die Reichweiten-Bestimmung . . . . .	7
2.2	Wahrscheinlichkeitstheorie . . . . .	7
2.3	Bayes/Kalman/Partikel Filter . . . . .	7
2.4	SLAM . . . . .	7
2.5	ROS . . . . .	7
<b>3</b>	<b>Stand der Forschung und Technik</b>	<b>9</b>
<b>4</b>	<b>Ultrabreitband</b>	<b>11</b>
4.1	Historie . . . . .	11
4.2	Alternative Technologien . . . . .	11
4.3	Gegenüberstellung . . . . .	11
4.4	Erstelle Hardware . . . . .	11
4.4.1	Elektrischer Aufbau . . . . .	11
4.4.2	Platinendesign . . . . .	11
4.4.3	Steuersoftware . . . . .	11
4.4.4	Entfernungsmessung und Auswertung . . . . .	11
4.4.5	Kalibrierung . . . . .	11
<b>5</b>	<b>RO-SLAM</b>	<b>13</b>
5.1	Roboterplattform . . . . .	13
5.2	Softwarearchitektur . . . . .	13
5.2.1	ROS Module . . . . .	13
5.2.2	MRPT Module . . . . .	13
<b>6</b>	<b>Evaluation</b>	<b>15</b>
6.1	Versuchsaufbau . . . . .	15
6.2	Ergebnisse und Auswertung . . . . .	15
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>17</b>
7.1	Zusammenfassung . . . . .	17

*Inhaltsverzeichnis*

7.2	Ausblick . . . . .	17
-----	--------------------	----

# **1 Einführung**

## **1.1 Aufgabenstellung**

## **1.2 Motivation**

## **1.3 Zielsetzung**

## **1.4 Gliederung**



## **2 Grundlagen**

**2.1 Verfahren für die Reichweiten-Bestimmung**

**2.2 Wahrscheinlichkeitstheorie**

**2.3 Bayes/Kalman/Partikel Filter**

**2.4 SLAM**

**2.5 ROS**





### 3 Stand der Forschung und Technik

Einen guten Überblick über die Eigenschaften der Drahtlosen-Protokolle (engl. Wireless Protocols) Bluetooth, UWB, ZigBee und WiFi liefert die Arbeit [1] von Lee, Su und Shen.

In [2] wird das grundlegende Prinzip erklärt um aus mehreren bekannten Sensoren die Position eines beweglichen Empfängers zu berechnen.

Der theoretische Hintergrund des SLAM-Verfahrens wird in [3] vorgestellt. Zusätzlich wird bewiesen das die Unsicherheit bei der Kartenerstellung und Lokalisierung eine untere Schranke erreicht.

Kantor und Singh stellen in Ihrer Arbeit [4] ein Lokalisierungsverfahren vor, welches die Roboterposition anhand von Entfernungsmessungen zu vorher bekannten Landmarken bestimmen kann. Im letzten Abschnitt wird SLAM-Verfahren vorgestellt, welches über einen Kalman-Filter die Unsicherheit der Landmarkenposition modellieren kann.

Die Autoren Blanco, González und Fernández-Madrigal gehen in ihren Arbeiten [5, 6] einen Schritt weiter und bestimmen die unbekannte Roboterposition sowie die unbekannten Landmarkenpositionen. Hierzu nutzen Sie im ersten Schritt einen Partikelfilter (engl. Particle Filter) bis die Schätzung eine ausreichende Genauigkeit erreicht hat um dann im zweiten Schritt über einen Kalman-Filter ein Positionsverfolgung (engl. Position Tracking) durchzuführen.

Die Arbeit [7] von Ledergerber, Hamer und D'Andrea gehen auf die Roboterlokalisierung unter Verwendung einer One-Way Ultra-Wideband Kommunikation ein. Dieses hat den Vorteil, das mit sehr wenigen Landmarken eine große Anzahl von Roboter lokalisiert werden kann.

- The Cartesian EKF described above operates in the Cartesian space, we formulate our problem in polar coordinates. - The use of this parameterization derives motivation from the polar coordinate system, where annuli, crescents and other ringlike shapes can be easily modeled. This parameterization is called Relative Over Parameterized (ROP) because it over parameterizes the state relative to an origin.

- EKF -> Polar EKF -> Multi-Hypothesis Filter - Partikel Filter



## **4 Ultrabreitband**

### **4.1 Historie**

### **4.2 Alternative Technologien**

### **4.3 Gegenüberstellung**

### **4.4 Erstelle Hardware**

#### **4.4.1 Elektrischer Aufbau**

#### **4.4.2 Platinendesign**

#### **4.4.3 Steuersoftware**

#### **4.4.4 Entfernungsmessung und Auswertung**

#### **4.4.5 Kalibrierung**



# **5 RO-SLAM**

## **5.1 Roboterplattform**

## **5.2 Softwarearchitektur**

### **5.2.1 ROS Module**

### **5.2.2 MRPT Module**



## **6 Evaluation**

### **6.1 Versuchsaufbau**

### **6.2 Ergebnisse und Auswertung**





## **7 Zusammenfassung und Ausblick**

### **7.1 Zusammenfassung**

### **7.2 Ausblick**



# Literatur

- [1] Jin-Shyan Lee, Yu-Wei Su und Chung-Chou Shen. „A comparative study of wireless protocols: Bluetooth, UWB, ZigBee, and Wi-Fi“. In: *Industrial Electronics Society, 2007. IECON 2007. 33rd Annual Conference of the IEEE*. Ieee. 2007, S. 46–51.
- [2] Julius Smith und Jonathan Abel. „Closed-form least-squares source location estimation from range-difference measurements“. In: *IEEE Transactions on Acoustics, Speech, and Signal Processing* 35.12 (1987), S. 1661–1669.
- [3] MWM Gamini Dissanayake u. a. „A solution to the simultaneous localization and map building (SLAM) problem“. In: *IEEE Transactions on robotics and automation* 17.3 (2001), S. 229–241.
- [4] George Kantor und Sanjiv Singh. „Preliminary results in range-only localization and mapping“. In: *Robotics and Automation, 2002. Proceedings. ICRA'02. IEEE International Conference on*. Bd. 2. Ieee. 2002, S. 1818–1823.
- [5] Jose-Luis Blanco, Javier González und Juan-Antonio Fernández-Madrigal. „A pure probabilistic approach to range-only SLAM“. In: *Robotics and Automation, 2008. ICRA 2008. IEEE International Conference on*. IEEE. 2008, S. 1436–1441.
- [6] Jose-Luis Blanco, Juan-Antonio Fernández-Madrigal und Javier González. „Efficient probabilistic range-only SLAM“. In: *Intelligent Robots and Systems, 2008. IROS 2008. IEEE/RSJ International Conference on*. IEEE. 2008, S. 1017–1022.
- [7] Anton Ledergerber, Michael Hamer und Raffaello D’Andrea. „A robot self-localization system using one-way ultra-wideband communication“. In: *Intelligent Robots and Systems (IROS), 2015 IEEE/RSJ International Conference on*. IEEE. 2015, S. 3131–3137.
- [8] Ciaran McElroy, Dries Neiryck und Michael McLaughlin. „Comparison of wireless clock synchronization algorithms for indoor location systems“. In: *Communications Workshops (ICC), 2014 IEEE International Conference on*. IEEE. 2014, S. 157–162.
- [9] Fernando Herranz u. a. „A comparison of slam algorithms with range only sensors“. In: *Robotics and Automation (ICRA), 2014 IEEE International Conference on*. IEEE. 2014, S. 4606–4611.
- [10] Javier González u. a. „Mobile robot localization based on ultra-wide-band ranging: A particle filter approach“. In: *Robotics and autonomous systems* 57.5 (2009), S. 496–507.
- [11] Hugh Durrant-Whyte und Tim Bailey. „Simultaneous localization and mapping: part I“. In: *IEEE robotics & automation magazine* 13.2 (2006), S. 99–110.

## LITERATUR

- [12] Sebastian Thrun, Wolfram Burgard und Dieter Fox. *Probabilistic robotics*. MIT press, 2005.
- [13] Jens Schroeder, Stefan Galler und Kyandoghene Kyamakya. „A low-cost experimental ultra-wideband positioning system“. In: *Ultra-Wideband, 2005. ICU 2005. 2005 IEEE International Conference on*. IEEE. 2005, S. 632–637.
- [14] Adam Smith u. a. „Tracking moving devices with the cricket location system“. In: *Proceedings of the 2nd international conference on Mobile systems, applications, and services*. ACM. 2004, S. 190–202.