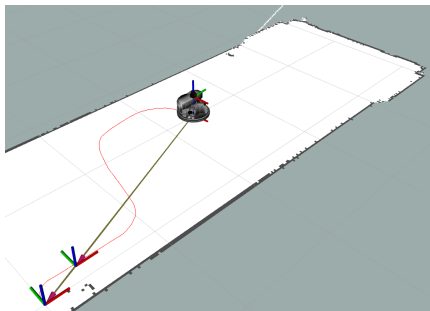


Range-Only Simultaneous Localization and Mapping mittels Ultra-Wideband

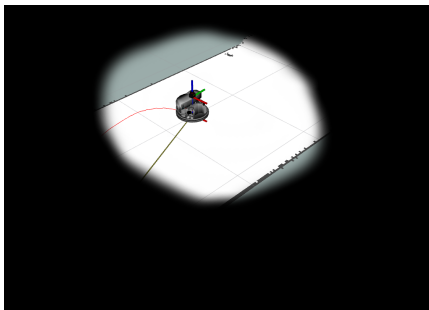
26.02.2018

Albert Kasdorf

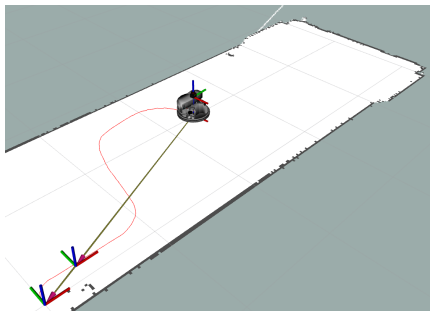
Matr.-Nr.: 3029294



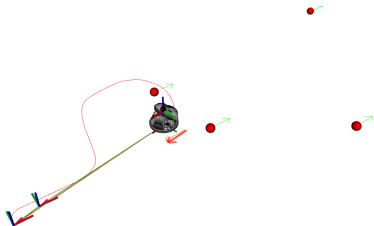
> Lokalisierung



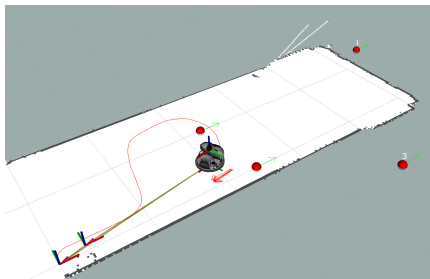
- > Lokalisierung
- > Kartenerstellung



- > Lokalisierung
- > Kartenerstellung
- > SLAM



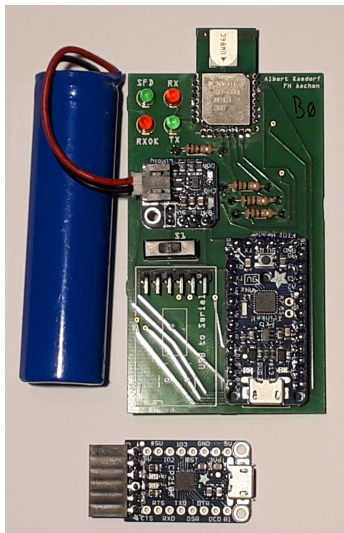
- > Lokalisierung
- > Kartenerstellung
- > SLAM
- > RO-SLAM



- > Lokalisierung
- > Kartenerstellung
- > SLAM
- > RO-SLAM

UWB Modul

Erstellte Hardware

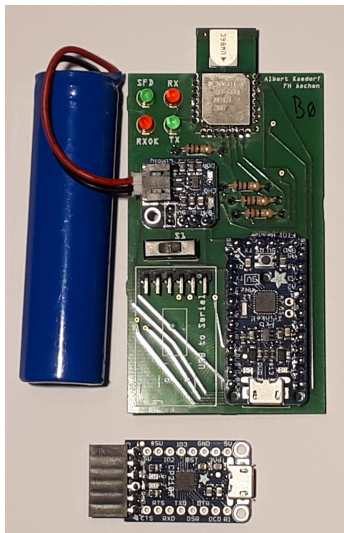


> UWB

- > Kurze Impulse
- > Präzise Entfernungsmessung

UWB Modul

Erstellte Hardware



> UWB

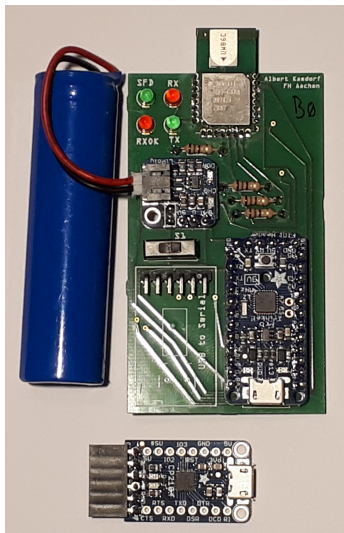
- > Kurze Impulse
- > Präzise Entfernungsmessung

> Begrifflichkeiten

- > Landmarke, Beacon
- > Anker, Tag, UWB Modul

UWB Modul

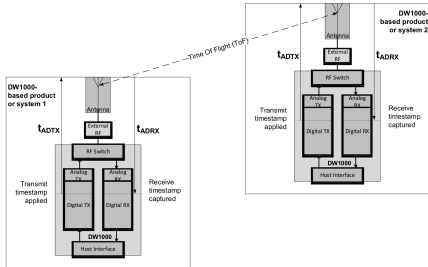
Erstellte Hardware



- > UWB
 - > Kurze Impulse
 - > Präzise Entfernungsmessung
- > Begrifflichkeiten
 - > Landmarke, Beacon
 - > Anker, Tag, UWB Modul
- > UWB Modul
 - > DecaWave Transceiver
 - > Hardwareplattform
 - > Energieversorgung

Kalibrierung der UWB Module (1/2)

Bestimmung der Antennenverzögerung



[1]

- > DecaWave Verfahren
 - > Genetischer Algorithmus
- > LGS Verfahren
 - > $t_{ad1} + t_{ad2} = tof_{measured} - tof_{actual}$

Kalibrierung der UWB Module (1/2)

Bestimmung der Antennenverzögerung



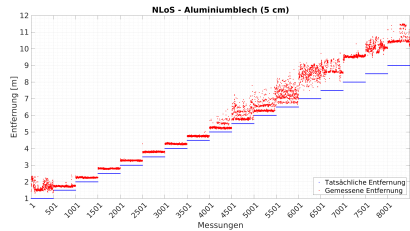
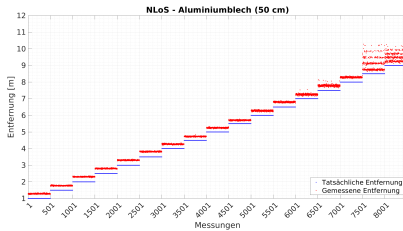
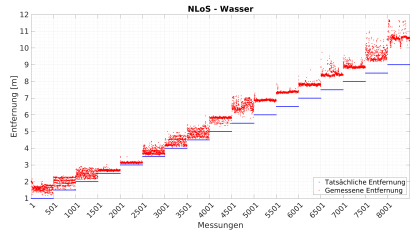
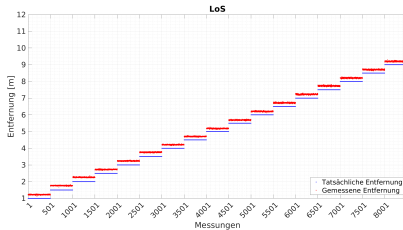
- > DecaWave Verfahren
 - > Genetischer Algorithmus
- > LGS Verfahren
 - > $t_{ad1} + t_{ad2} =$
 $tof_{measured} - tof_{actual}$

Kalibrierung der UWB Module (2/2)

Ergebnisse

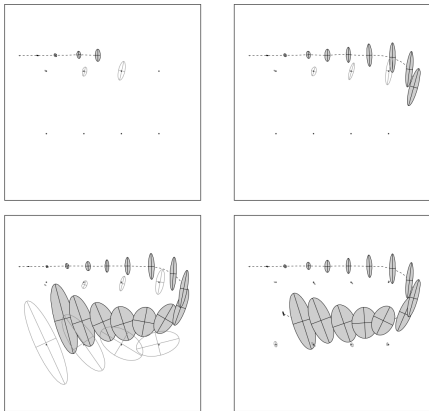
UWB Modul	LGS [ns]	DecaWave [ns]	DecaWave 1 [ns]	DecaWave 2 [ns]
176	257,45	242,48	232,21	254,50
177	257,49	238,47	249,38	254,73
178	257,11	257,17	255,36	215,07

$$\Rightarrow 1 \text{ ns} \approx 0,3 \text{ m}$$



Theorie (1/3)

Partikel Filter



[2]

- > EKF SLAM
 - > Kombiniertes Zustandsvektor

	robot path	feature 1	feature 2	...	feature N
Particle $k = 1$	$x_{1:t}^{[1]} = \{(x \ y \ \theta)^T\}_{1:t}^{[1]}$	$\mu_1^{[1]}, \Sigma_1^{[1]}$	$\mu_2^{[1]}, \Sigma_2^{[1]}$...	$\mu_N^{[1]}, \Sigma_N^{[1]}$
Particle $k = 2$	$x_{1:t}^{[2]} = \{(x \ y \ \theta)^T\}_{1:t}^{[2]}$	$\mu_1^{[2]}, \Sigma_1^{[2]}$	$\mu_2^{[2]}, \Sigma_2^{[2]}$...	$\mu_N^{[2]}, \Sigma_N^{[2]}$
		\vdots			
Particle $k = M$	$x_{1:t}^{[M]} = \{(x \ y \ \theta)^T\}_{1:t}^{[M]}$	$\mu_1^{[M]}, \Sigma_1^{[M]}$	$\mu_2^{[M]}, \Sigma_2^{[M]}$...	$\mu_N^{[M]}, \Sigma_N^{[M]}$

[2]

> EKF SLAM

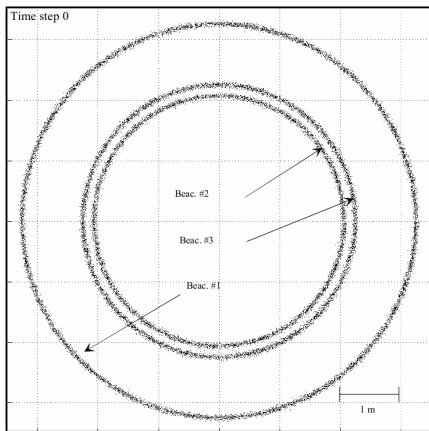
- > Kombiniertes Zustandsvektor

> PF SLAM

- > Aufspaltung des Zustandsvektor
- > Rao-Blackwellized Partikel Filter
- > FastSLAM

Theorie (2/3)

Monte Carlo Partikel Filter mit Hilfspartikel Filter

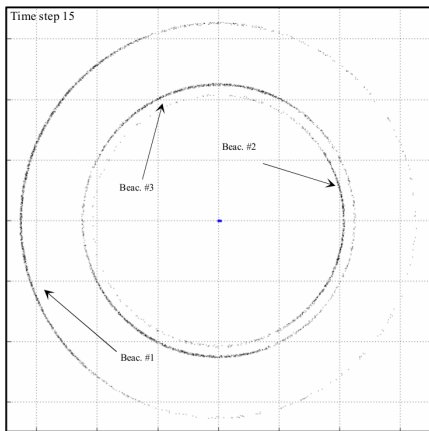


[3]

- > Hauptpartikel Filter
 - > Betrachtung eines Partikels
- > Hilfspartikel Filter
 - > Pro UWB Modul
 - > Radiale Verteilung
 - > Gewicht pro Partikel

Theorie (2/3)

Monte Carlo Partikel Filter mit Hilfspartikel Filter

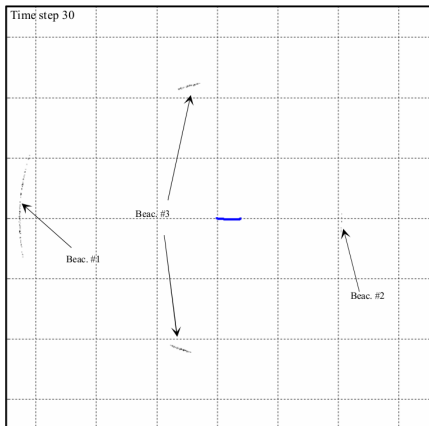


[3]

- > Hauptpartikel Filter
 - > Betrachtung eines Partikels
- > Hilfspartikel Filter
 - > Pro UWB Modul
 - > Radiale Verteilung
 - > Gewicht pro Partikel

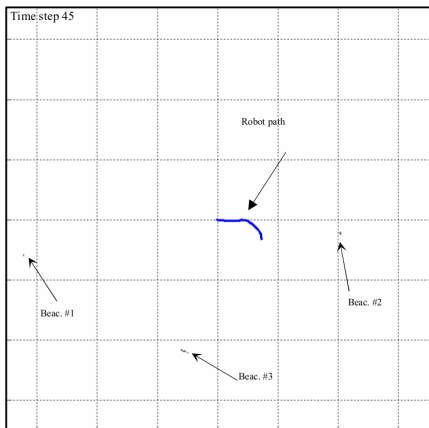
Theorie (2/3)

Monte Carlo Partikel Filter mit Hilfspartikel Filter



[3]

- > Hauptpartikel Filter
 - > Betrachtung eines Partikels
- > Hilfspartikel Filter
 - > Pro UWB Modul
 - > Radiale Verteilung
 - > Gewicht pro Partikel

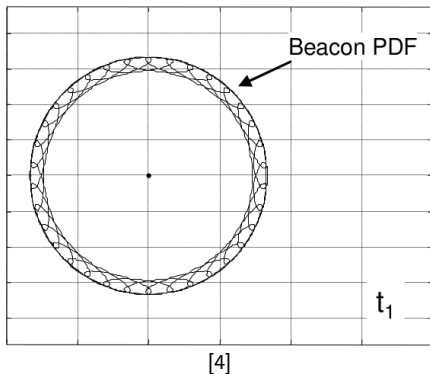


[3]

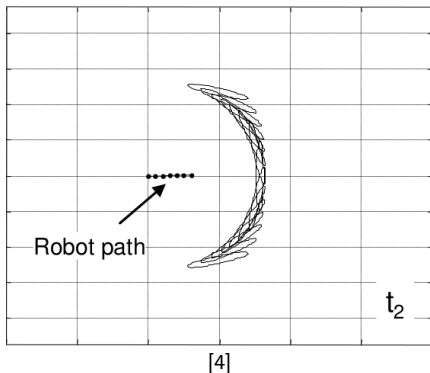
- > Hauptpartikel Filter
 - > Betrachtung eines Partikels
- > Hilfspartikel Filter
 - > Pro UWB Modul
 - > Radiale Verteilung
 - > Gewicht pro Partikel
- > Nach der Konvergenz
 - > Umwandlung in einen EKF

Theorie (3/3)

Monte Carlo Partikel Filter mit Sum of Gaussian



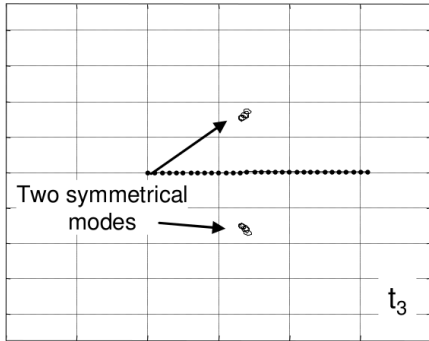
- > Hauptpartikel Filter
 - > Betrachtung eines Partikels
- > Sum of Gaussian (SOG)
 - > Radial angeordnete Normalverteilungen
 - > Gewicht pro Normalverteilung
 - > Pro UWB Modul



- > Hauptpartikel Filter
 - > Betrachtung eines Partikels
- > Sum of Gaussian (SOG)
 - > Radial angeordnete Normalverteilungen
 - > Gewicht pro Normalverteilung
 - > Pro UWB Modul

Theorie (3/3)

Monte Carlo Partikel Filter mit Sum of Gaussian

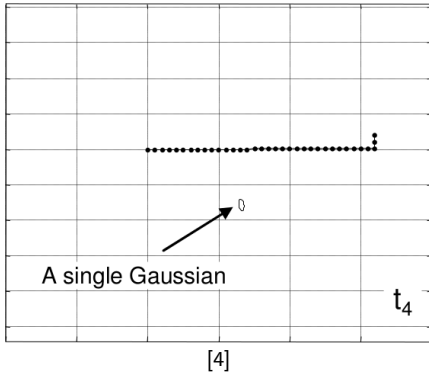


[4]

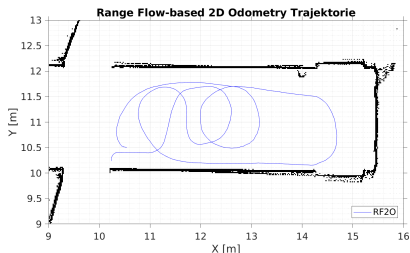
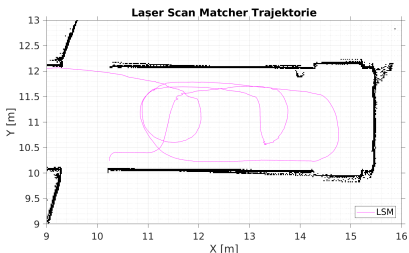
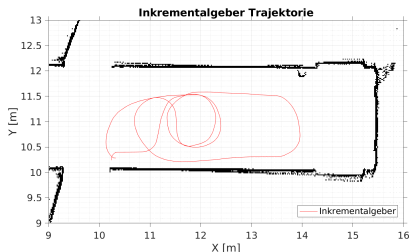
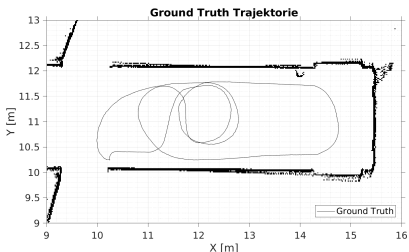
- > Hauptpartikel Filter
 - > Betrachtung eines Partikels
- > Sum of Gaussian (SOG)
 - > Radial angeordnete Normalverteilungen
 - > Gewicht pro Normalverteilung
 - > Pro UWB Modul

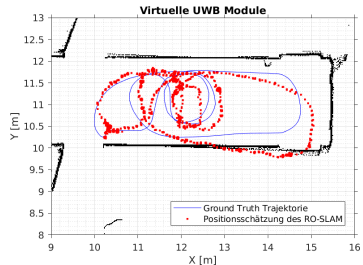
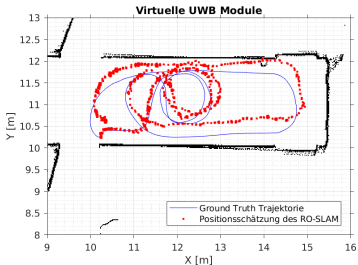
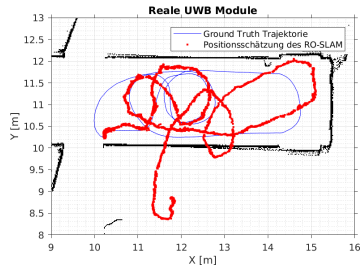
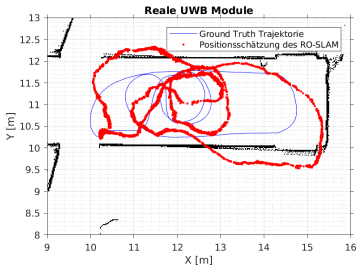
Theorie (3/3)

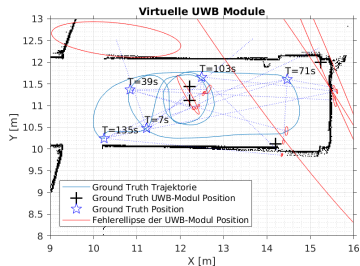
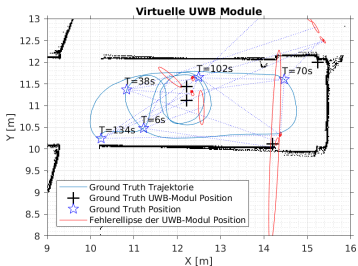
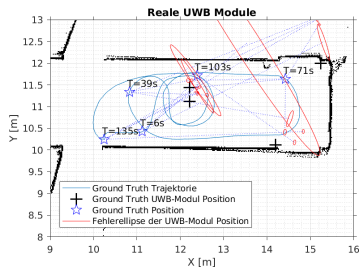
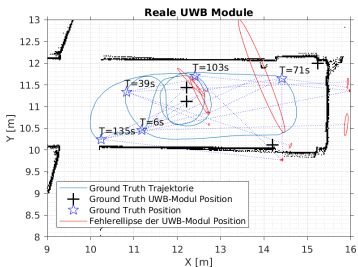
Monte Carlo Partikel Filter mit Sum of Gaussian



- > Hauptpartikel Filter
 - > Betrachtung eines Partikels
- > Sum of Gaussian (SOG)
 - > Radial angeordnete Normalverteilungen
 - > Gewicht pro Normalverteilung
 - > Pro UWB Modul
- > Nach der Konvergenz
 - > Umwandlung in einen EKF







Fazit

- > UWB
 - > Technologie mit vielen Anwendungsmöglichkeiten
 - > Spezialisierte Einsatzgebiete

Fazit

- > UWB
 - > Technologie mit vielen Anwendungsmöglichkeiten
 - > Spezialisierte Einsatzgebiete
- > UWB Module
 - > Aufbau und Entfernungsmessung möglich, aber ohne Optimierungen
 - > Abwegung über die Nutzung des kommerziellen Produktes

Fazit

- > UWB
 - > Technologie mit vielen Anwendungsmöglichkeiten
 - > Spezialisierte Einsatzgebiete
- > UWB Module
 - > Aufbau und Entfernungsmessung möglich, aber ohne Optimierungen
 - > Abwegung über die Nutzung des kommerziellen Produktes
- > RO-SLAM
 - > Rein probabilistisches Verfahren
 - > Genauigkeit von ≤ 10 cm konnte nicht erreicht werden
 - > Ergebnisse sind abhängig von der Qualität der Entfernungsmessung

Literaturverzeichnis I



Antenna delay calibration of DW1000-based products and systems. Version 1.01. DecaWave Limited, 2014. URL: https://www.decawave.com/sites/default/files/aps014-antennadelaycalibrationofdw1000-basedproductsandsystems_v1.01.pdf (besucht am 13.12.2017).



Sebastian Thrun, Wolfram Burgard und Dieter Fox. *Probabilistic robotics*. MIT press, 2005.



Jose-Luis Blanco, Javier González und Juan-Antonio Fernández-Madriral. "A pure probabilistic approach to range-only SLAM". In: *Robotics and Automation, 2008. ICRA 2008. IEEE International Conference on*. IEEE. 2008, S. 1436–1441.

Literaturverzeichnis II



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.