



Zuverlässige funkbasierte Bereichsortung im Tunnelbau

Masterarbeit von Marius Wodtke Marius Wodtke | 6. Oktober 2017

INSTUITUT FÜR ANGEWANDTE INFORMATIK UND FORMALE BESCHREIBUNGSVERFAHREN

Gliederung



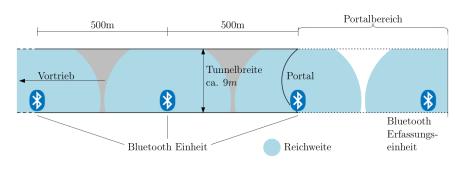
- Motivation
- Grundlagen & Analyse
- Reichweiten
- Implementierungen
 - WiFi-LLS
 - Assoziations-Lokalisierung
 - Probe-Request-Lokalisierung
 - Bluetooth Low Energy
 - Lokalisierung mit LoRa
- Zusammenfassung
- Fazit



Reichweiten

Bisherige Situation





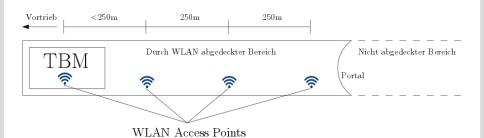
[4]



Fazit

Zukünftige Situation





Reichweiten

6. Oktober 2017

Aufgabe



Zielsetzung

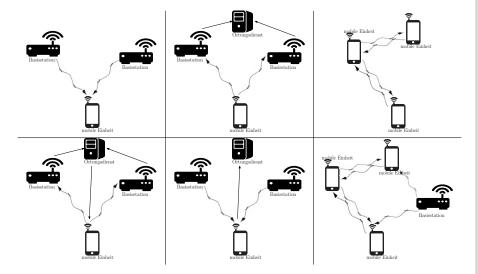
- Funkbasiertes Ortungssystem
- Bereichsortung (250m Abschnitte)

Anforderungen

- Nichtintrusiv
- Zuverlässige Erkennung von Abschnittswechseln
- Wenig Interaktion mit mobiler Einheit erforderlich

Topologien

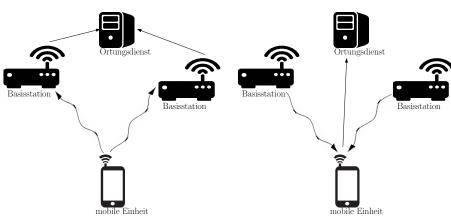




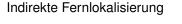
Reichweiten

Fernlokalisierung





Direkte Fernlokalisierung





Messgrößen

- Time of Arrival
- Time Difference of Arrival
- Roundtrip Time of Flight
- Received Signal Strength (Indicator)

Lokalisierungsprinzip

- Umgebungsprinzip
- Geometrische Bestimmung
- Szenenanalyse

Protokolle

- IEEE 802.11
- Bluetooth (Low Energy)
- Long Range

8/36

Hardware











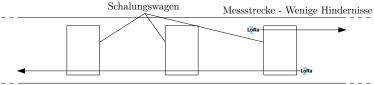












Messstrecke - Viele Hindernisse





Protokoll	Strecke	Reichweite
BLE	Wenige Hindernisse	32 m
802.11b	Wenige Hindernisse	88 m
LoRa 5 dBm	Wenige Hindernisse	250 m
LoRa 23 dBm	Wenige Hindernisse	1250 m
BLE	Viele Hindernisse	14 m
802.11b	Viele Hindernisse	32 m
LoRa 5 dBm	Viele Hindernisse	100 m
LoRa 23 dBm	Viele Hindernisse	>350 m

Reichweiten





Protokoll	Strecke	Reichweite
BLE	Wenige Hindernisse	32 m
802.11b	Wenige Hindernisse	88 m
LoRa 5 dBm	Wenige Hindernisse	250 m
LoRa 23 dBm	Wenige Hindernisse	1250 m
BLE	Viele Hindernisse	14 m
802.11b	Viele Hindernisse	32 m
LoRa 5 dBm	Viele Hindernisse	100 m
LoRa 23 dBm	Viele Hindernisse	>350 m

Reichweiten



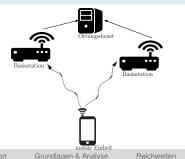
Fazit

RADAR



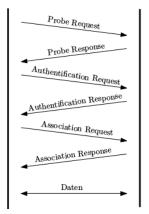
RADAR

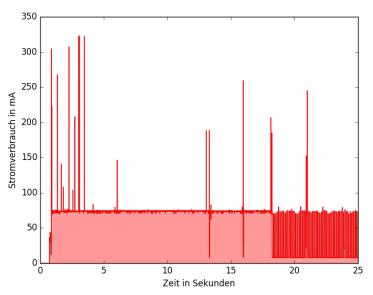
- Bahl et al. [1]
- Direkte Fernlokalisierung
- 6 Byte mit UDP
- RSSI an Basisstation messen
- Szenenanalyse



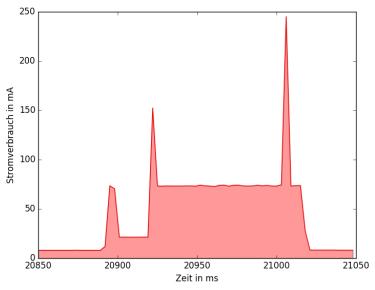
mobile Einheit

Access Point 1





《ロシペぽ》《意》《意》を言うを言うを Motivation Grundlagen & Analyse Reichweiten **Implementierungen** Zusammenfassung Fazit



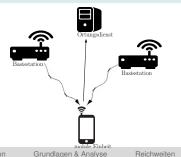
< □ > < □ > < Ē > < Ē > Motivation Grundlagen & Analyse Reichweiten Fazit Implementierungen Zusammenfassung

WiFi-LLS



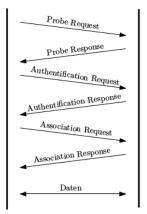
WiFi-LLS

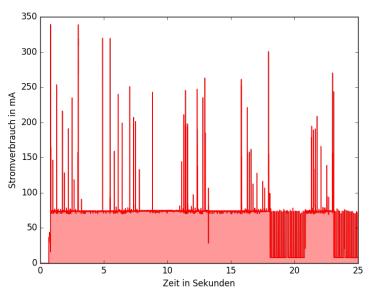
- Chen et al. [2]
- Indirekte Fernlokalisierung
- RSSI der Probe Responses
- An mobiler Einheit gemessen
- Geometrische Bestimmung



mobile Einheit

Access Point 1





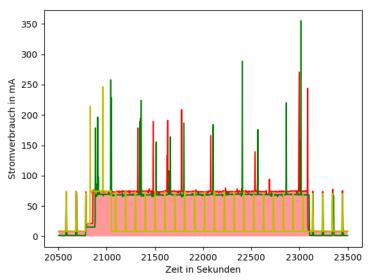
←□ > ←□ > ←필 > ←필 > ←필 > ←필 = ∽

Implementierungen

Reichweiten

Grundlagen & Analyse

Motivation



4 D > 4 B > 4 E > 4 E Zusammenfassung

Grundlagen & Analyse

Motivation

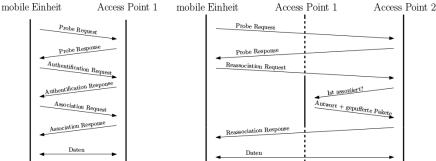
Implementierungen

Fazit

Protokoll	Modul	Programm	Ø Verbrauch
			(normalisiert)
IEEE 802.11	ESP8266 Feather	RADAR	16,70 (8,60)
IEEE 802.11	ESP-12F	RADAR	10,10 (8,80)
IEEE 802.11	ESP8266 Feather	WiFi-LLS	42,20 (34,10)
IEEE 802.11	ESP-12F	WiFi-LLS	36,50 (35,20)

Assoziations-Lokalisierung

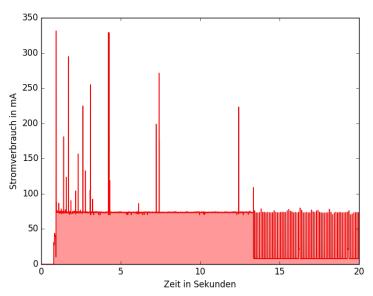




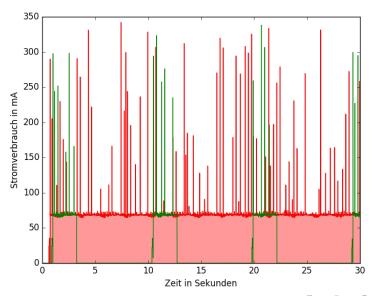
Assoziations-Lokalisierung

- Indirekte Fernlokalisierung
- Erfolgreiche (Re-)Assoziation, implizit RSSI der Probe Responses
- Umgebungsprinzip
- Für Bereichsortung geeignet





《□▷《뭔▷《돌▷《돌▷ 월달 》 (Q ⓒ Motivation Grundlagen & Analyse Reichweiten Implementierungen Zusammenfassung Fazit



◆ロ > ◆ □ > ◆ 豆 > ◆ 豆 > ・ 豆 | = *り へ C

Motivation

Grundlagen & Analyse

Protokoll	Modul	Programm	Ø Verbrauch
			(normalisiert)
IEEE 802.11	ESP8266 Feather	RADAR	16,70 (8,60)
IEEE 802.11	ESP-12F	RADAR	10,10 (8,80)
IEEE 802.11	ESP8266 Feather	WiFi-LLS	42,20 (34,10)
IEEE 802.11	ESP-12F	WiFi-LLS	36,50 (35,20)
IEEE 802.11	ESP-12F	Assoziations-	8,80 (7,50)
		Lokalisierung	
IEEE 802.11	ESP-12F	Assoziations-	17,10 (17,10)
		Lokalisierung (kein	
		Access Point)	

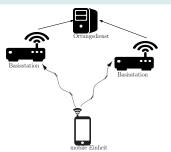


Probe-Request-Lokalisierung



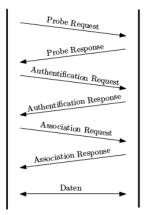
Probe-Request-Lokalisierung

- Direkte Fernlokalisierung
- RSSI der Probe Requests
- An Access Point gemessen
- Umgebungsprinzip

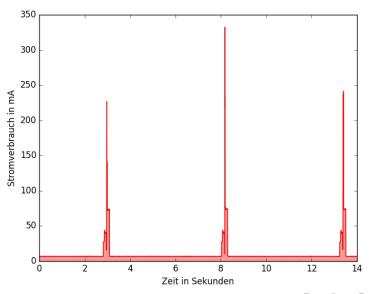


mobile Einheit

Access Point 1



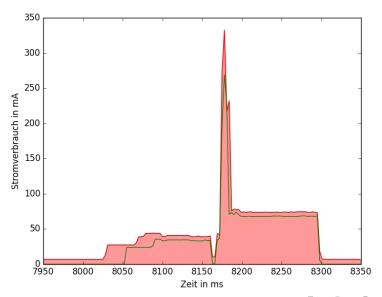




Motivation Grundlagen & Analyse Reichweiten Fazit

Implementierungen

Zusammenfassung



Motivation Grundlagen & Analyse Reichweiten

Implementierungen

Zusammenfassung

Protokoll	Modul	Programm	Ø Verbrauch
			(normalisiert)
IEEE 802.11	ESP-12F	Assoziations-	8,80 (7,50)
		Lokalisierung	
IEEE 802.11	ESP-12F	Assoziations-	17,10 (17,10)
		Lokalisierung (kein	
		Access Point)	
IEEE 802.11	ESP8266 Feather	Probe-Request-	9,70 (2,70)
		Lokalisierung	
IEEE 802.11	ESP-12F	Probe-Request-	1,80 (1,80)
		Lokalisierung	

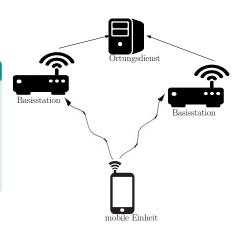


Bluetooth Low Energy



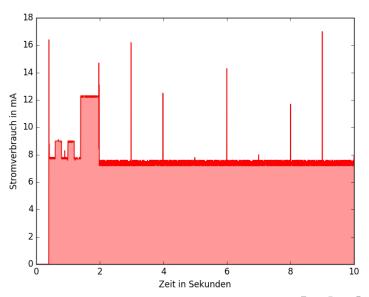
BLE-Advertising

- Jianyong et al. [3]
- Direkte Fernlokalisierung
- RSSI von Advertising Paketen
- An Basisstation gemessen
- Umgebungsprinzip





Implementierungen



Motivation Grundlagen & Analyse Reichweiten Zusammenfassung Fazit

Implementierungen

Protokoll	Modul	Programm	∅ Verbrauch (normalisiert)
IEEE 802.11	ESP8266 Feather	Probe-Request-	9,70 (2,70)
		Lokalisierung	
IEEE 802.11	ESP-12F	Probe-Request-	1,80 (1,80)
		Lokalisierung	
BLE	nRF52 Feather	Ortung mit BLE-	7,37 (0,04)
		Advertising	

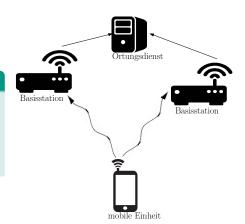


Lokalisierung mit LoRa



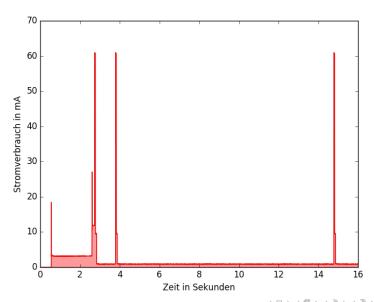
Lokalisierung mit LoRa

- Direkte Fernlokalisierung
- **RSSI** an Basisstation gemessen
- Geometrische Bestimmung

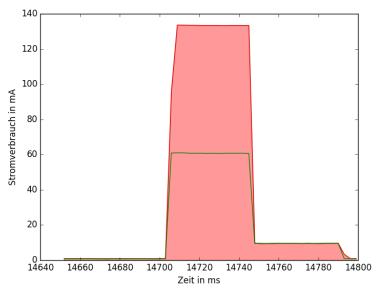




Implementierungen



Motivation Grundlagen & Analyse Reichweiten Implementierungen Zusammenfassung Fazit



Marius Wodtke - Funkbasierte Bereichsortung

Grundlagen & Analyse

Motivation

0000000000000000000

Implementierungen

6. Oktober 2017

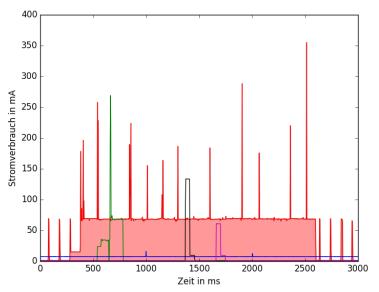
Fazit

Protokoll	Modul	Programm	Ø Verbrauch
			(normalisiert)
IEEE 802.11	ESP8266 Feather	Probe-Request-	9,70 (2,70)
		Lokalisierung	
IEEE 802.11	ESP-12F	Probe-Request-	1,80 (1,80)
		Lokalisierung	
BLE	nRF52 Feather	Ortung mit BLE-	7,37 (0,04)
		Advertising	
LoRa	RFM95 Feather 5	Ortung mit LoRa	1,20 (0,30)
	dBM	RSSI	
LoRa	RFM95 Feather 23	Ortung mit LoRa	1,47 (0,57)
	dBM	RSSI	



33/36

Reichweiten



Grundlagen & Analyse

Motivation

Zusammenfassung

IEEE 802.11	ESP-12F	WiFi-LLS	36,50 (35,20)
IEEE 802.11	ESP-12F	Assoziations-	8,80 (7,50)
		Lokalisierung	
IEEE 802.11	ESP-12F	Assoziations-	17,10 (17,10)
		Lokalisierung (kein	
		Access Point)	
IEEE 802.11	ESP-12F	Probe-Request-	1,80 (1,80)
		Lokalisierung	
BLE	nRF52 Feather	Ortung mit BLE-	7,37 (0,04)
		Advertising	
LoRa	RFM95 Feather 5	Ortung mit LoRa	1,20 (0,30)
	dBM	RSSI	
LoRa	RFM95 Feather 23	Ortung mit LoRa	1,47 (0,57)
	dBM	RSSI	
	'	4 D > 4 🗗 > 4	≣▶◀≣▶ ≣ ≡ かくぐ
Motivation Grundlagen		Implementierungen Zus	sammenfassung Fazit
Marius Wodtke - Funkbasierte	Marius Wodtke - Funkbasierte Bereichsortung 6. Oktober 2017 35/36		

Programm

RADAR

Ø Verbrauch

(normalisiert)

10,10 (8,80)

Protokoll

IEEE 802.11

Modul

ESP-12F

Fazit



Reichweite

- LoRa
- ② IEEE 802.11
- 3 Bluetooth Low Energy

Stromverbrauch

- Bluetooth Low Energy
- 2 LoRa
- IEEE 802.11

Ergebnis

- Halbordnung
- LoRa > 802.11
- LoRa ohne Erfassungslücken => Hohe Zuverlässigkeit
- BLE hat niedrigen Stromverbrauch



References I



- Paramvir Bahl und Venkata N Padmanabhan. "RADAR: An in-building RF-based user location and tracking system". In: INFOCOM 2000. Nineteenth Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies. Proceedings. IEEE. Bd. 2. leee. 2000, S. 775–784.
- Yibo Chen und Rong Luo. "Design and implementation of a wifi-based local locating system". In: Portable Information Devices, 2007. PORTABLE07. IEEE International Conference on. IEEE. 2007, S. 1–5.
- Zhu Jianyong u. a. "RSSI based Bluetooth low energy indoor positioning". In: *Indoor Positioning and Indoor Navigation (IPIN)*, 2014 International Conference on. IEEE. 2014, S. 526–533.



References II



Devorie Maurer. *Unterstützung der Sicherheitstechnik im Tunnelbau durch eine Applikation*. Karlsruher Institut für Technologie, 2016.