

Gerätefreie Ortung mit Funkschnittstellen

Marco Cimdins

Kompetenzzentrum CoSA

Technische Hochschule Lübeck

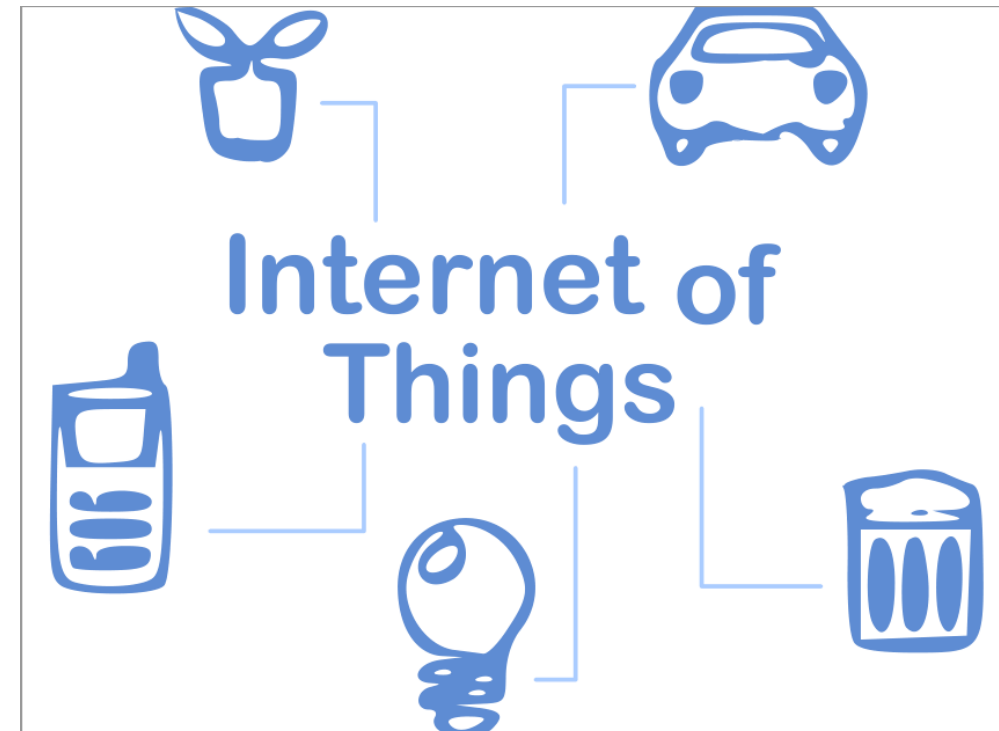
microtec nord 2018

Übersicht

- Die Funkschnittstelle als Sensor
- Entwurf eines gerätefreien Ortungssystems
 - Erste Schritte
 - Modellierung
 - Aktueller Stand
- Konkretes Beispiel anhand des Projekts RosiE

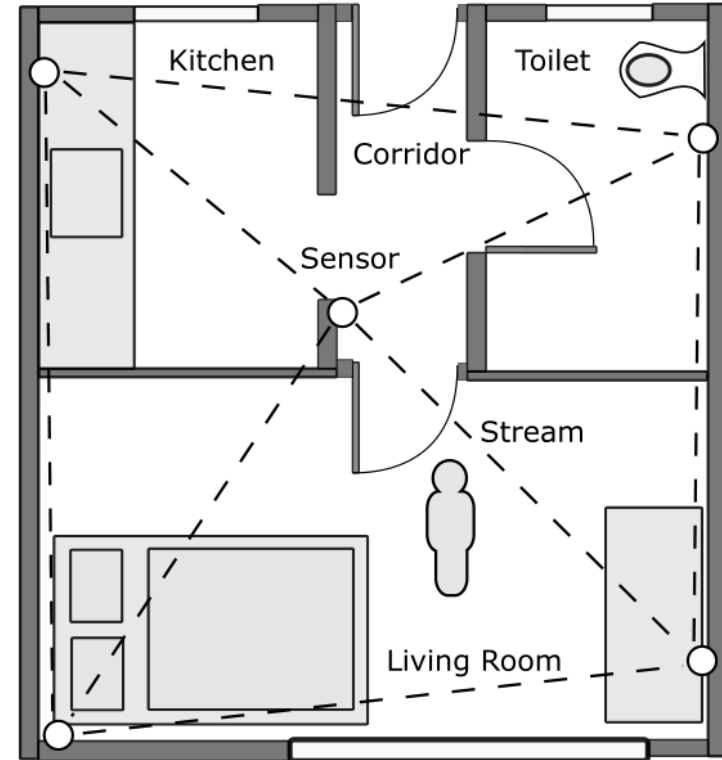
Das Internet der Dinge

- Drahtlose Kommunikation ist im täglichen Leben allgegenwärtig
- IEEE 802.11, IEEE 802.15.4, Bluetooth, LoRa,...
- Besonders im IoT tauschen Millionen von Geräten Daten drahtlos aus
- Die Position der Geräte ist eine wichtige Information um die Daten zu verwerten
- Während Nachrichtübermittlungen werden Kanalparameter aufgezeichnet



Gerätefreie Ortung

- Gerätefreie Ortungssysteme erkennen und orten Personen, die kein Gerät bei sich tragen
- Störung/Änderungen des Funkkanals
- Anwendungen
 - Einbruchschutz
 - Betreutes Wohnen
 - Smart-Homes
 - ...

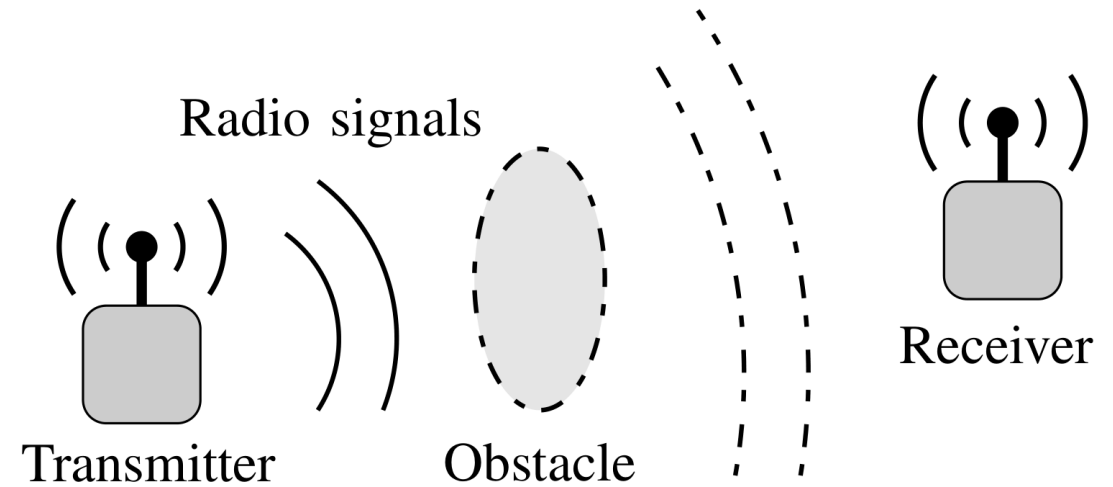


Eingangsparameter von funkbasierten gerätefreien Ortungssystemen

Wir benötigen einen Messwert, der durch ein Hindernis gestört wird

- Signalstärke (RSS)
- Channel State Information (CSI)
- Kanalimpulsantwort (CIR)

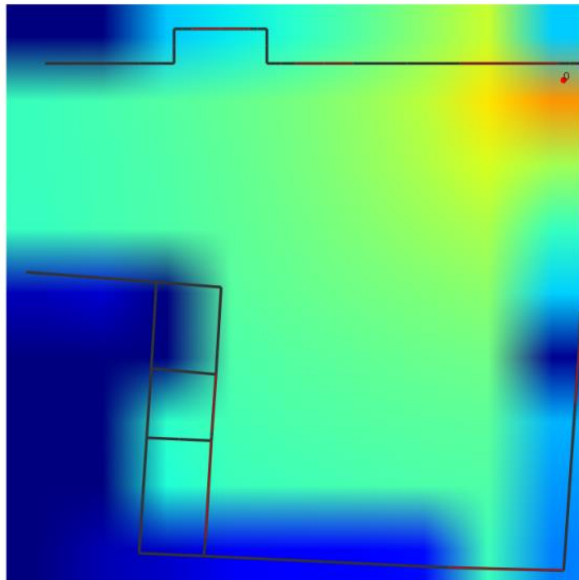
Wir nutzen die Signalstärken aufgrund der Verfügbarkeit



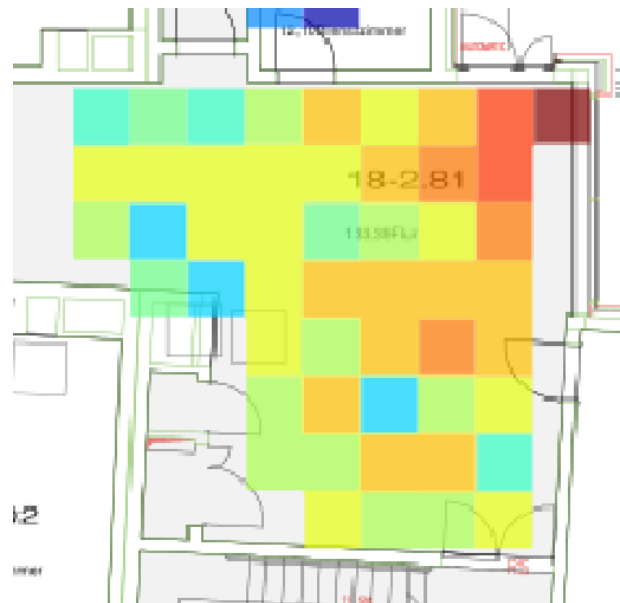
Herausforderungen bei Umgang mit Signalstärken

- Vom Funkchip durchgeführte Black Box Messungen
- Anfällig gegenüber Mehrwegeausbreitung
- Empfindlich gegenüber Änderungen der Umgebung
- Abhängig von der Antennencharakteristik der Antenne

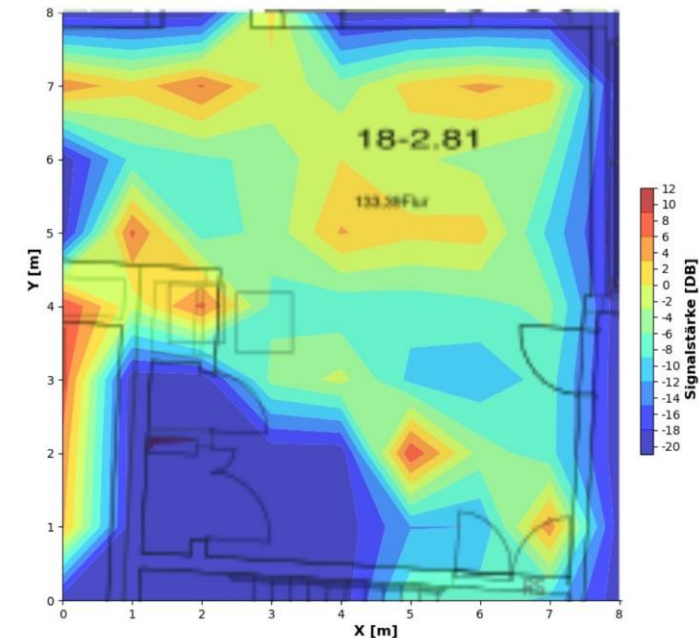
Simulation



Messung



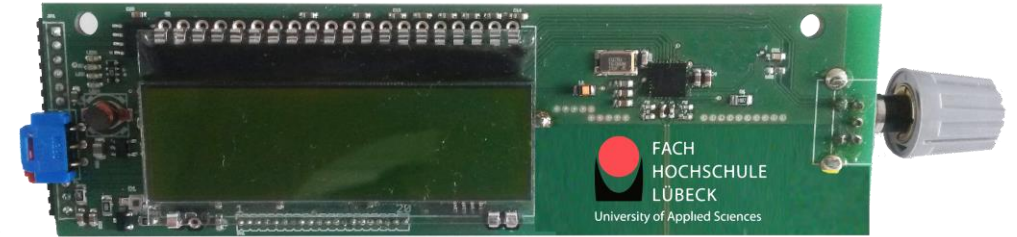
Differenz



Hardwaresetup

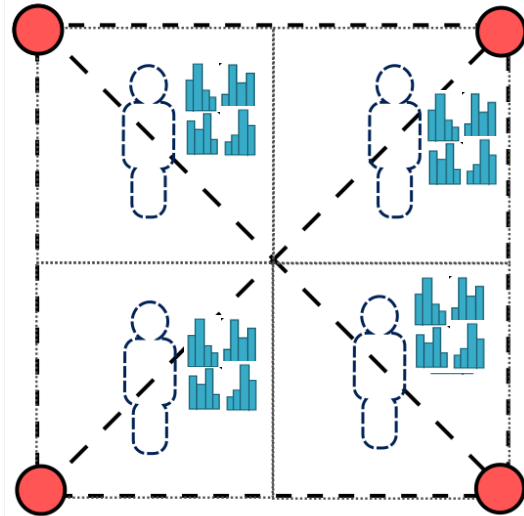
- TriSOS Plattform
- AT86RF233 Funkchip (IEEE 802.15.4-konform)
- Funkübertragung auf dem 2,4 GHz ISM-Band

- Protokoll sendet alle 10 ms eine Nachricht
- Beim Empfang wird die Signalstärke gemessen
- Koordinator steuert das Protokoll und gibt über die serielle Schnittstelle die Daten aus



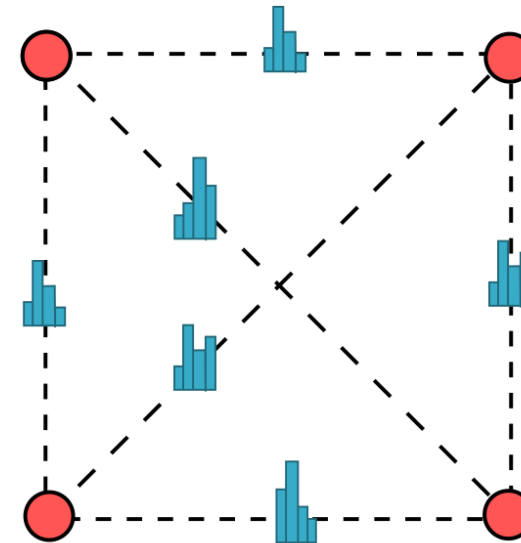
Funktionsweise von gerätefreien Ortungssystemen

Fingerabdruck-basiert



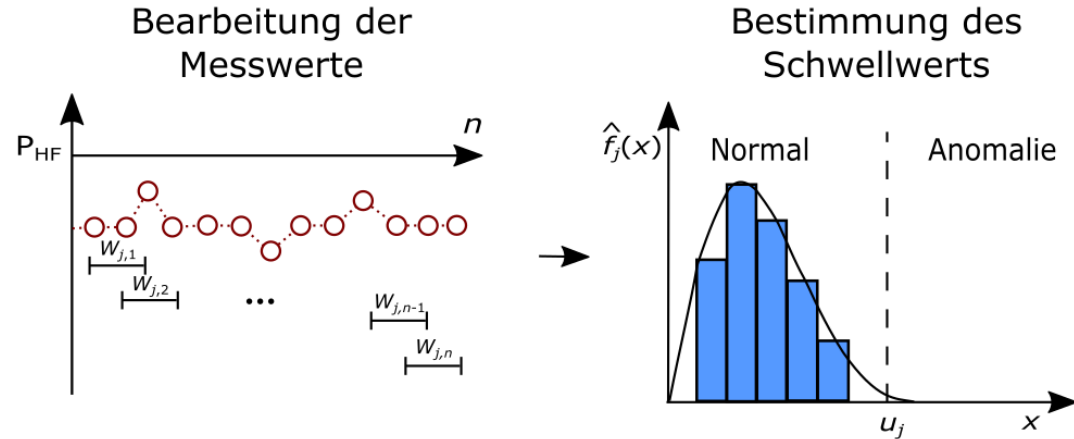
- Einfach durchzuführen, keine Vorkenntnisse über Signalparameter erforderlich
- Hoher Trainingsaufwand

Stream-basiert



- Geringer Trainingsaufwand
- Mehrere Sensoren benötigt
- Höherer Rechenaufwand

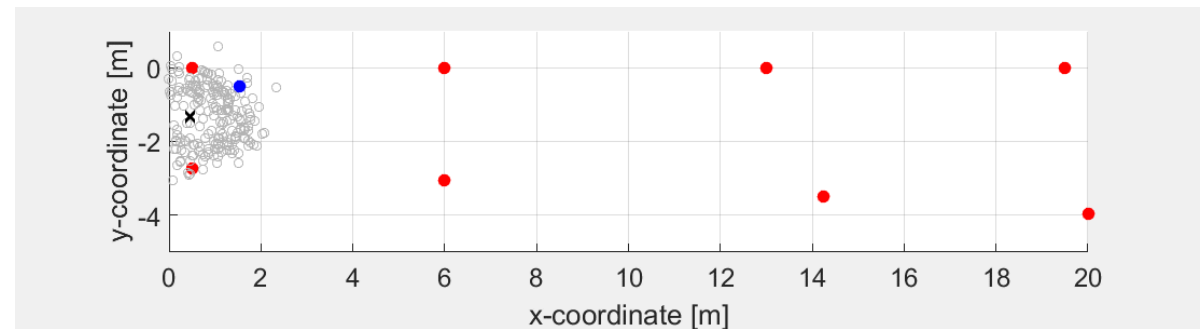
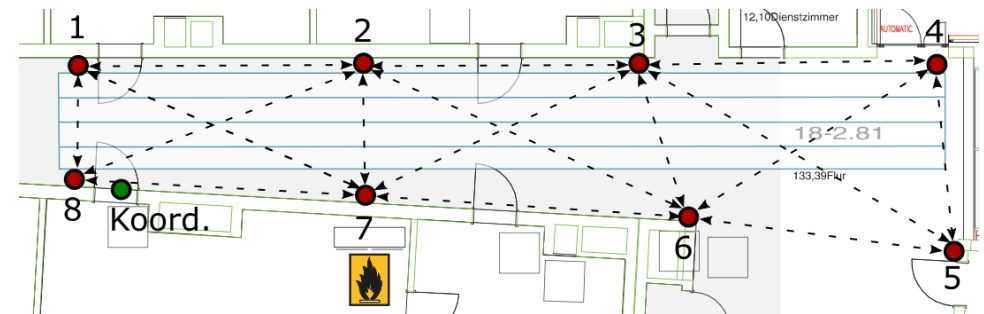
Anomaliebasiertes Verfahren



- Berechnung des Anomaliewerts $a_{j,n}$ für jeden Stream j :

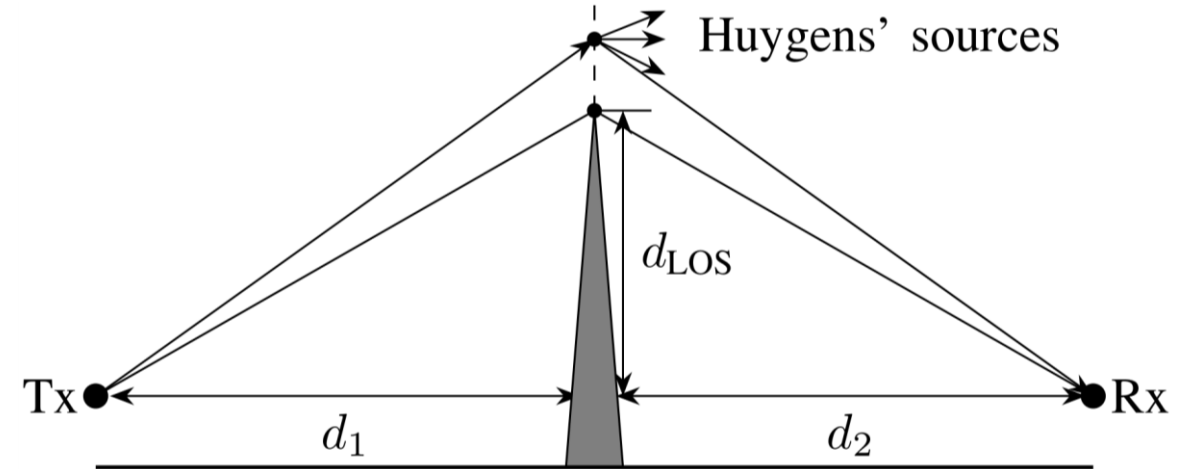
$$a_{j,n} = \frac{x_{j,n}}{u_j} = \frac{\text{Varianz des Streams}}{\text{obere Grenze}}$$

Ortung erfolgt über einen Partikelfilter



Funktionsweise des Modells

- Friis Übertragungsgleichung zur Berechnung des Freifeldsignalstärke
- Kantenbeugung um den Einfluss der Person zu modellieren
- Ziel: Bestimmung der Signalstärke bei bekannter Sender und Empfängerposition und Position der Person



- Perfekt absorbierende Ebene befindet sich zwischen dem Sender und dem Empfänger
- Über der Kante entstehen Punktquellen

Wir definieren den Fresnel-Kirchoff Parameter v :

$$v = d_{LOS} \sqrt{\frac{2(d_1 + d_2)}{\lambda d_1 d_2}}$$

Funktionsweise des Modells

- Das resultierende elektrische Feld am Empfänger ist die Summe aller Punktquellen:

$$\frac{E}{E_0} = F(v) = \frac{1+j}{2} \int_v^\infty e^{-j\frac{\pi}{2}t^2} dt$$

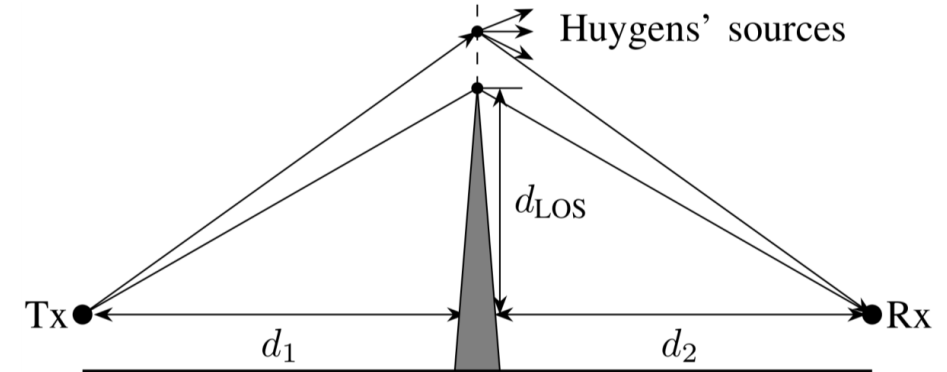
- $F(v)$ wird als das komplexe Fresnel Integral bezeichnet

$$F(v) = \frac{1+j}{2} \left[\int_v^\infty \cos\left(\frac{\pi}{2}t^2\right) dt - j \int_v^\infty \sin\left(\frac{\pi}{2}t^2\right) dt \right]$$

- Auflösung der Formel:

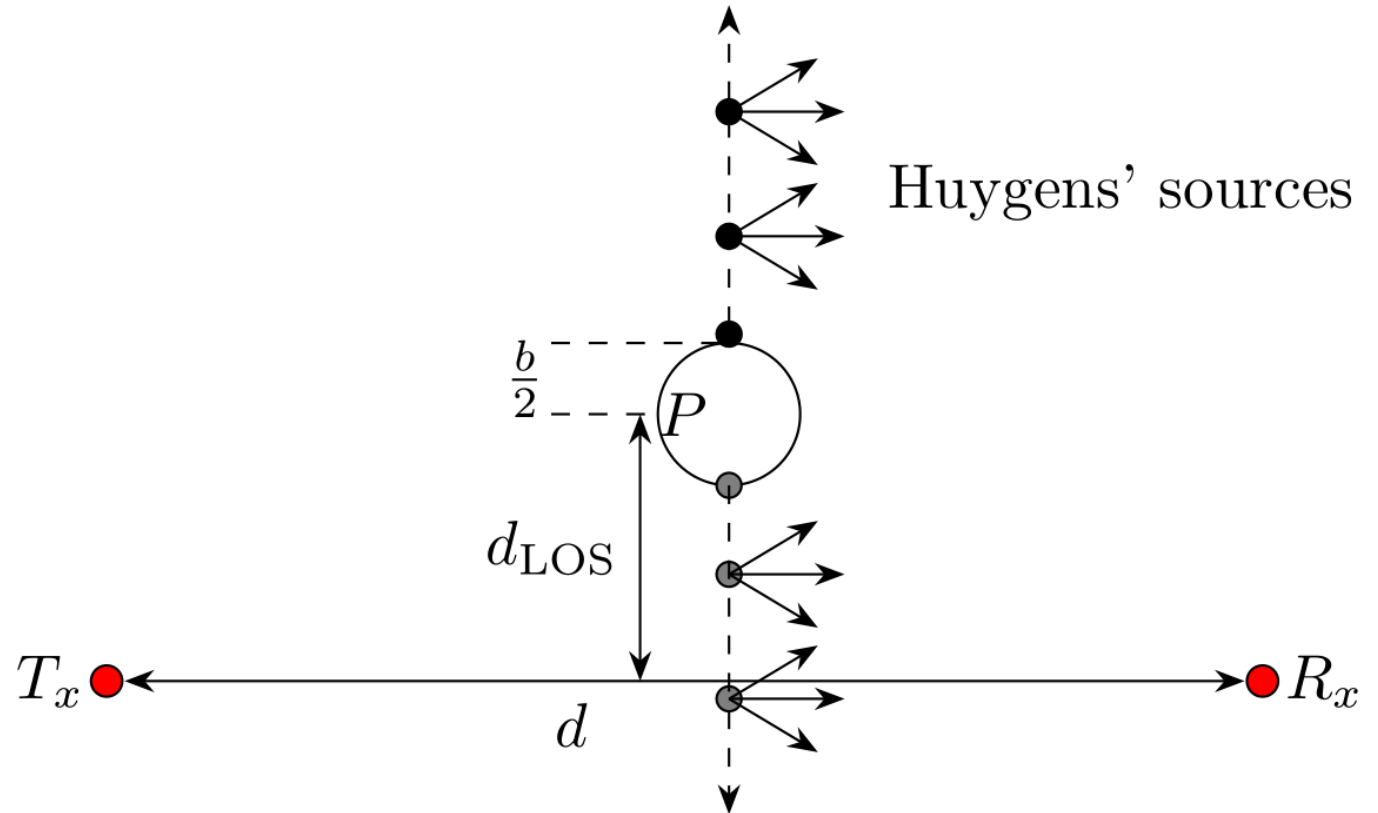
$$F(v) = \frac{1+j}{2} \left[\left(\frac{1}{2} - C(v) \right) - j \left(\frac{1}{2} - S(v) \right) \right]$$

- $C(v)$ und $S(v)$ lassen sich numerisch lösen



Funktionsweise des Modells

- $d_{LOS1} = d_{LOS} + \frac{b}{2}$
- $v_1 = v(d_{LOS1})$
- $d_{LOS2} = \left(d_{LOS} - \frac{b}{2}\right)$
- $v_2 = v(-d_{LOS2})$
- $F(v_1, v_2) = F(v_1) + F(v_2)$
- $F(v_1, v_2)$ beschreibt die Änderung der gemessenen Signalstärke aufgrund der Position und Durchmesser der Person

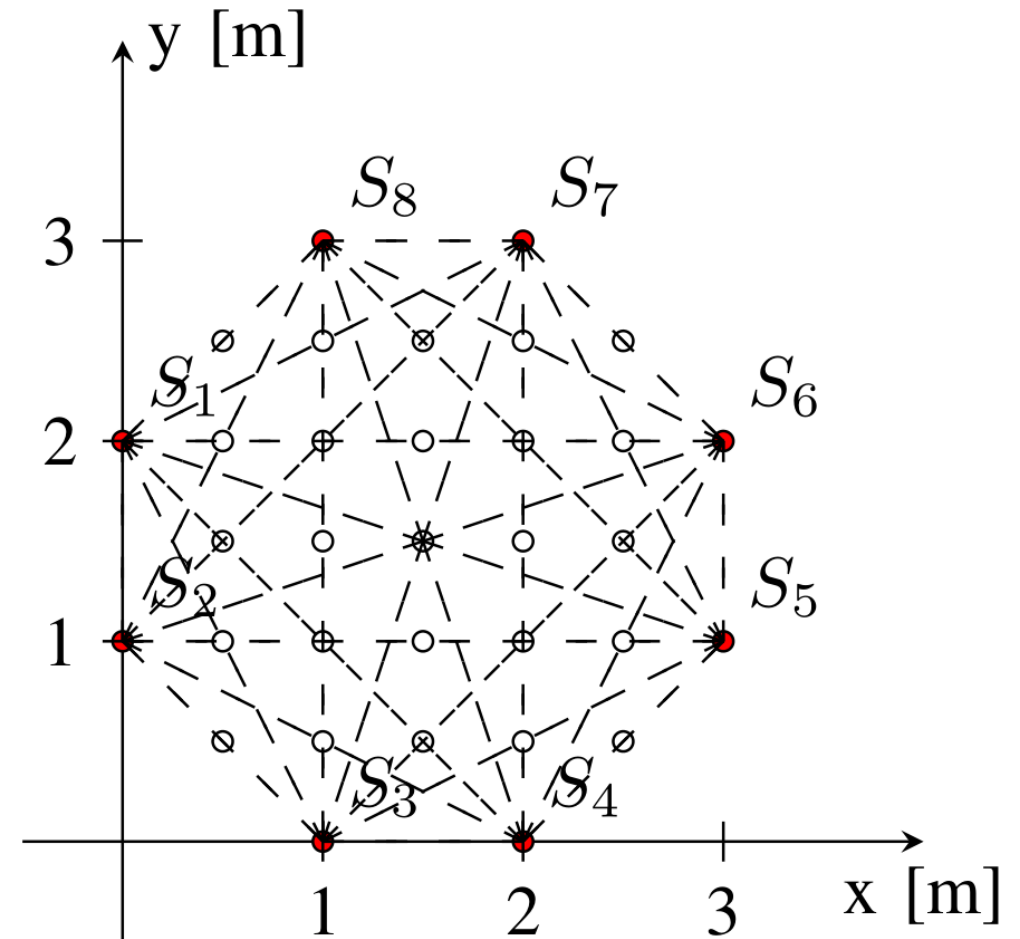


- Das Modell berechnet $RSS_{j,p}$ für jeden Gridpunkt p für jeden Stream j
- Aus den Signalstärken wird der Feature-Vektor zusammengesetzt

$$\mathbf{s} = \begin{pmatrix} RSS_{j=1} \\ \dots \\ RSS_{j=k} \end{pmatrix}$$

- Berechnung der Distanz (z.B. L1 oder L2) zwischen den an der Position $p = 1, \dots, P$ berechneten Feature-Vektoren \mathbf{s}_p und dem gemessenen Feature-Vektor \mathbf{s}_o

$$\mathbf{d} = d(\mathbf{s}_o, \mathbf{s}_p)$$



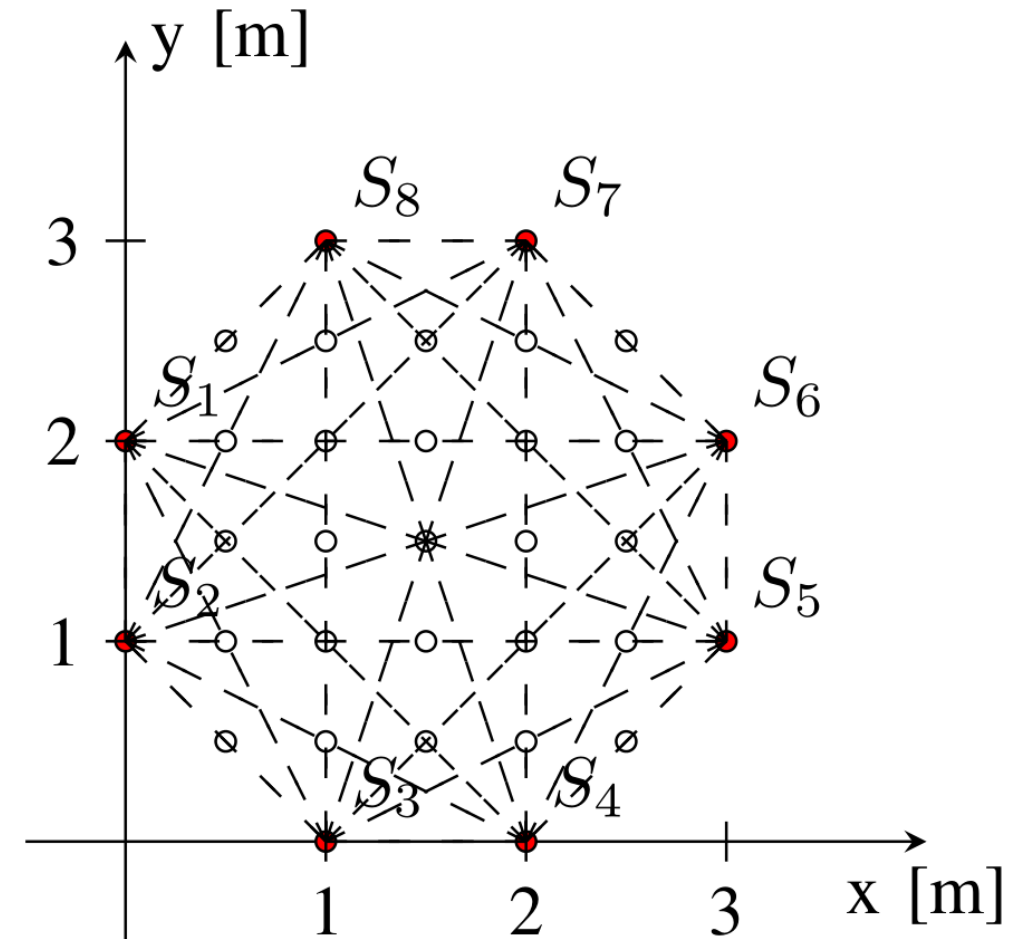
- Der gemessene Feature-Vektor s_o wird mit den gespeicherten Feature-Vektoren s_p verglichen

$$d = \begin{pmatrix} d_{p=1} \\ \dots \\ d_{p=P} \end{pmatrix}$$

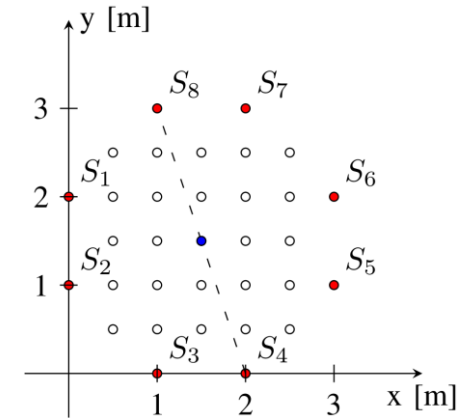
- Position mit der minimalen Distanz ist die Position der Person (Nearest Neighbor-Algorithmus)

$$\min(d) \rightarrow r$$

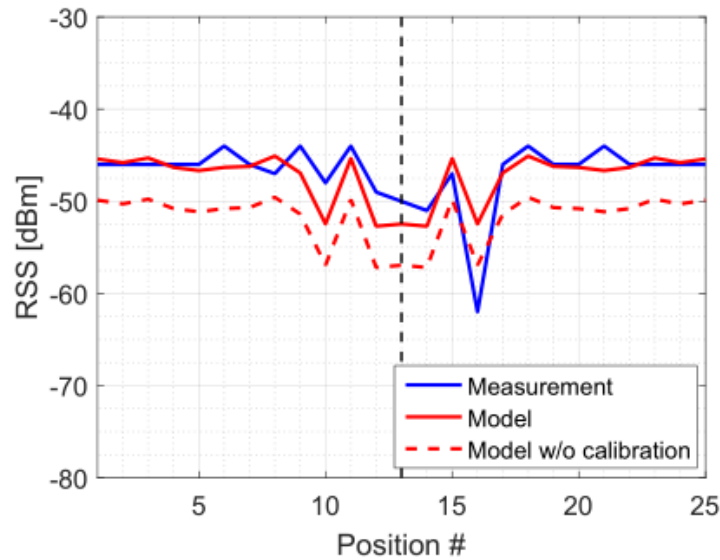
- Welche Distanzmetrik ist dafür am geeignetsten?
 - L1, L2
 - Kosinus-Ähnlichkeit
 - ...



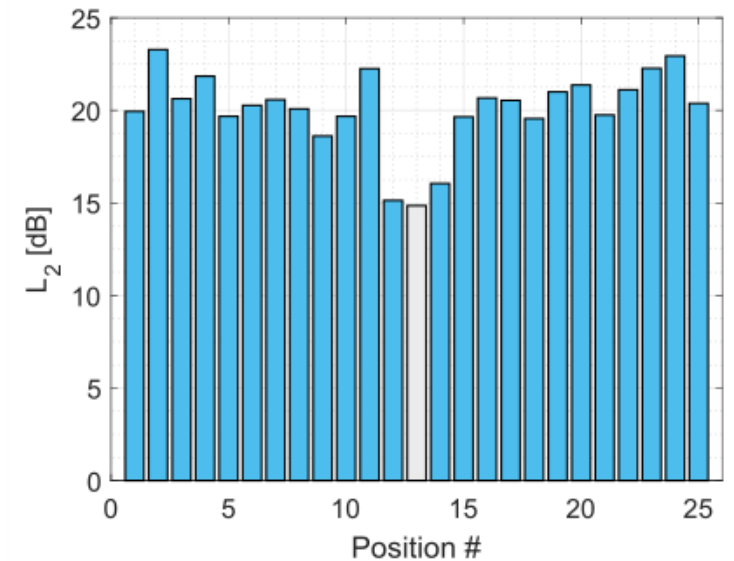
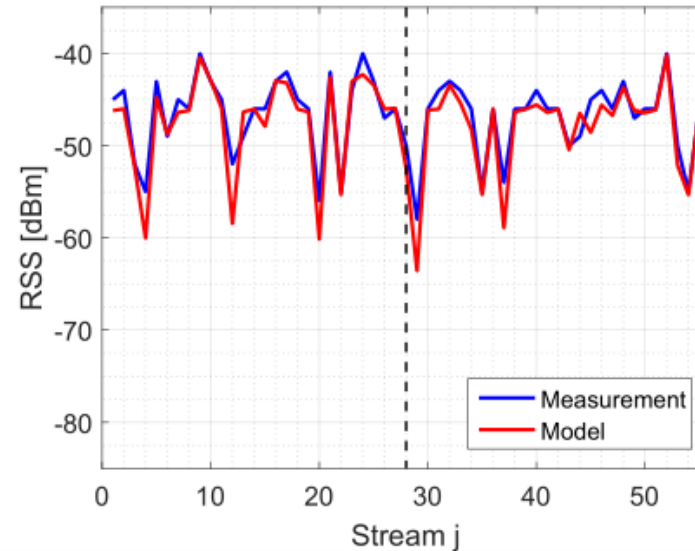
Funktionsweise des Algorithmus



Stream (S4,S8)



Position 13



Auf dem Weg zu einer modellbasierten, gerätefreien Ortung

Ziel:

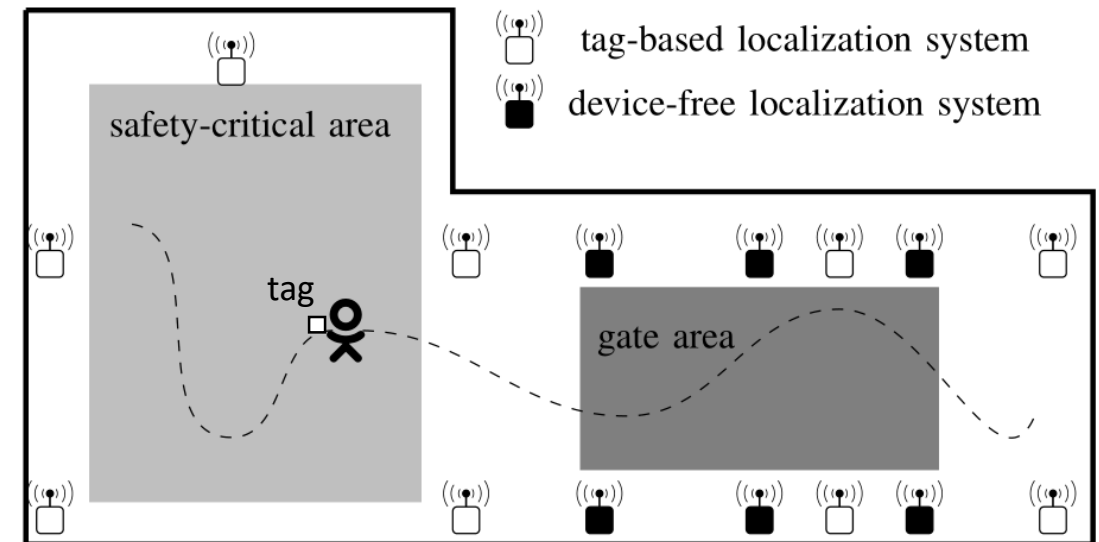
- Gerätefreie Ortung von Personen/Objekten
- Geringer Trainingsaufwand
- Signalstärken ändern sich (Dämpfung/Verstärkung), wenn sich eine Person/Objekt in der Nähe befindet
- Aktuell modellieren wir den Einfluss einer Person mit Hilfe von Kantenbeugung

Herausforderungen:

- Mehrwegeausbreitung aufgrund von Reflexionen an Wänden, Decken und Böden

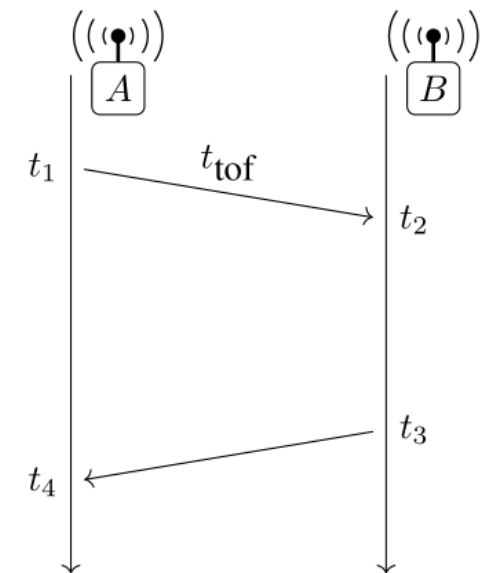
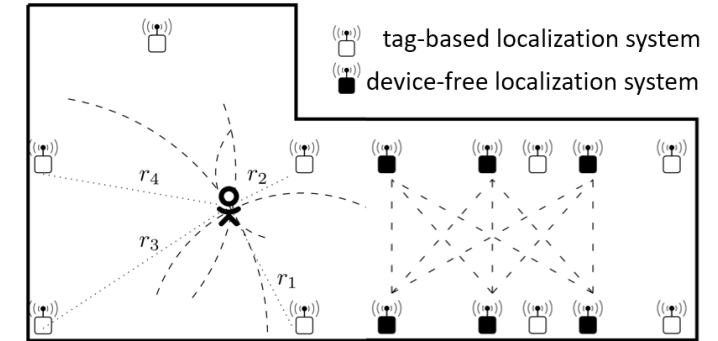
Umsetzung einer sicherheitskritischen Lokalisation

- In sicherheitskritischen Umgebungen wird die genaue Position der Personen benötigt
 - Abschaltung bei unterschreiten von Sicherheitsabständen
 - Einfacheres Auffinden von Person in Notfällen
- Dies wird über eine tag-basierte Lösung realisiert
- Zusätzlich muss sichergestellt werden, dass eine Person den Sicherheitsbereich mit einem Tag betritt
- Dies wird über ein gerätefreies Ortungssystem kontrolliert



Tag-basiertes System

- Bestimmung der Tagposition erfolgt über UWB (Decawave DW1000)
- Distanzmessungen erfolgen über Two-Way-Ranging
 - Knoten A und B tauschen Nachrichten aus
 - Idealfall: $t_{\text{tof}} = \frac{(t_4 - t_1) - (t_3 - t_2)}{2}$
 - Gemessen: $\hat{t}_{\text{tof}} = \frac{(t_4 - t_1)(1 + e_A) - (t_3 - t_2)(1 + e_B)}{2}$
- Positionsbestimmung über mRANSAC

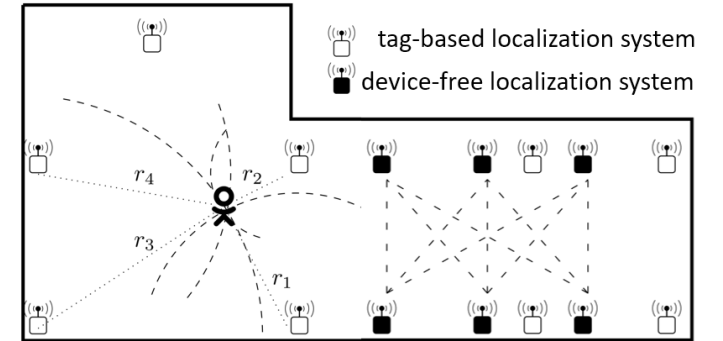


Evaluation of time-based ranging methods: Does the choice matter? (Mathias Pelka, Daniel Amann, Marco Cimdins, Horst Hellbrück), *In 14th Workshop on Positioning, Navigation and Communication*, 2017.

Minimizing Indoor Localization Errors for Non-Line-of-Sight Propagation (Mathias Pelka, Peter Bartmann, Swen Leugner, Horst Hellbrück), *In International Conference on Localization and GNSS*, 2018.

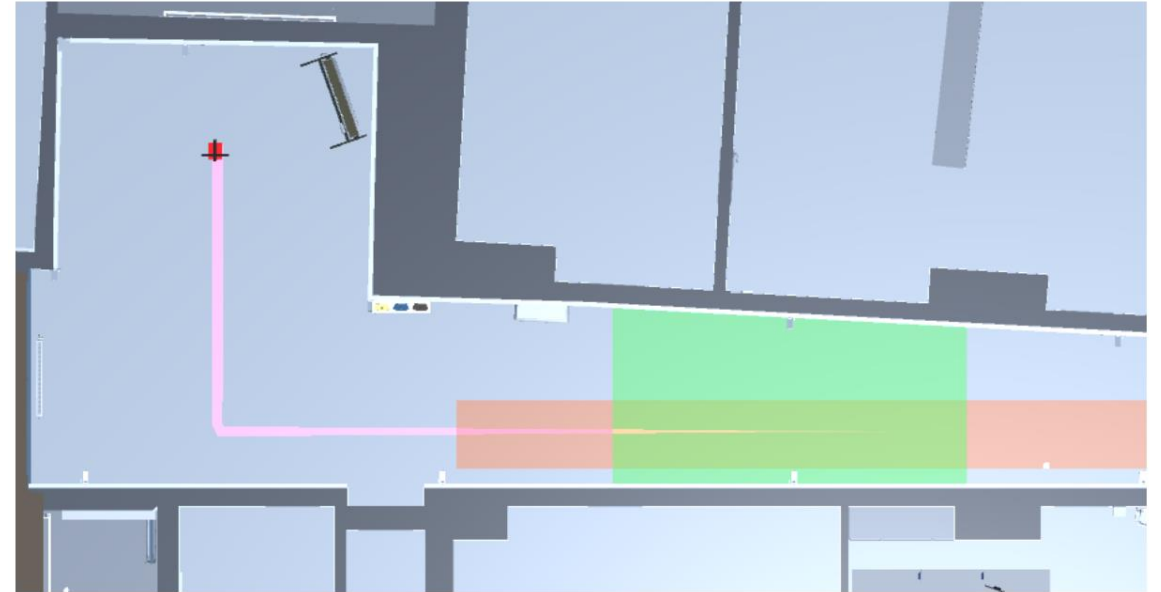
Gerätefreie System

- Position des Tags wird an das gerätefreie System geschickt
 - Kein Tag in der Schleuse -> Vergleich gegenüber Leerlauf
 - Tag in der Schleuse -> Erkennung ob die Tagposition mit der gerätefreien Position übereinstimmt
- Status der Schleuse wird an das System zurückgeschickt



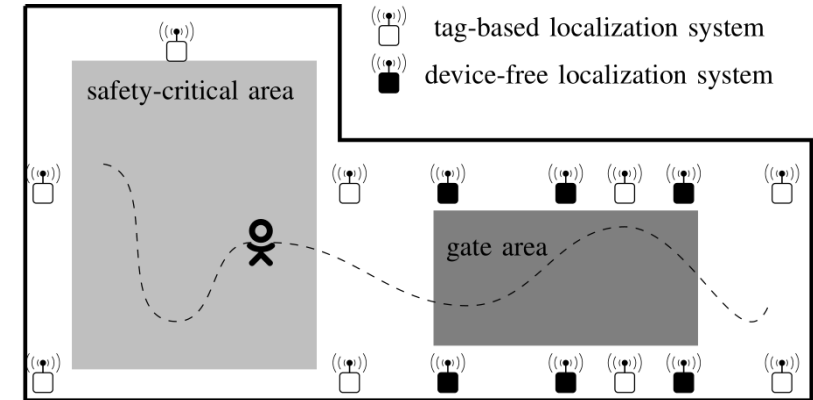
Gesamtsystem

- Insgesamt 3 Subsysteme
 - Tag-basiertes System
 - Gerätefreies System
 - Kontrollanwendung inkl. Visualisierung
- Austausch der Nachrichten
 - über serielle Schnittstellen (Distanzmessungen, RSS)
 - TCP/IP und XML
- Visualisierung erfolgt über Unity



Auswertung

- Test der Anwendung mittels Use-Cases
- Ca. 90% der Fälle wurden korrekt erkannt



Use-Cases	Tatsächlicher Staus	Bestimmter Status	
		sicher	unsicher
Keine Person im Sicherheitsbereich oder in der Schleuse	sicher	498	2
Eine Person mit Tag in der Schleuse	sicher	333	167
Eine Person ohne Tag in der Schleuse	unsicher	81	419
Mehr als eine Person in der Schleuse	unsicher	60	440
Eine Person mit Tag im Sicherheitsbereich	sicher	500	0
Eine Person mit Tag im Sicherheitsbereich, der Tag stellt die Funktion ein	unsicher	0	500

Zusammenfassung

- Mit der fortschreitenden Digitalisierung und der Entwicklung des Internets der Dinge werden immer mehr Geräte drahtlos miteinander verbunden
- Funkschnittstelle kann als zusätzlicher Sensor verwendet werden
- Funkausbreitung ist komplex, Modelle und Verständnis darüber sind wichtig um zuverlässige Systeme zu entwerfen

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit
Fragen oder Anmerkungen?

marco.cimdins@th-luebeck.de