



Bild 1: Was früher der Kompass war, sind heute GPS-Systeme oder verschiedene Lokalisierungsverfahren

## Ortsbestimmung von Objekten im Innenbereich über Echtzeit-Lokalisierung

# So geht kein Patient verloren

Im Aussenbereich erfolgt die Ortsbestimmung von Objekten heute meist über satellitengestützte Systeme wie GPS. Im Innern von Gebäuden gelingt dies aber auf Grund der Signaldämpfung nur sehr eingeschränkt. Dieser Artikel beschreibt eine im Innenbereich anwendbare Echtzeit-Lokalisierung, die auf gemessenen Laufzeiten von IEEE 802.15.4-Ultrawideband-Signalen (UWB) beruht.

» Andreas Rüst, Dipl. El. Ing. ETH

### Messung über Signalstärke

Die weit verbreiteten Systeme WiFi und Bluetooth Low Energy (BLE), erlauben über den Received Signal Strength Indicator (RSSI) eine grobe Lokalisierung. Der Empfänger kann über die Messung der empfangenen Signalstärke die Distanz zum Sender auf einige Meter genau schätzen. Je weiter entfernt ein Sender ist, desto schwächer ist das eintref-

fende Signal. Mit dieser Methode kann man beispielsweise gut feststellen, ob ein Sender näher bei Empfänger A oder näher bei Empfänger B liegt. Eine absolute Lokalisierung im dreidimensionalen Raum mit einer Genauigkeit unter einem Meter ist aber nicht erreichbar. Zudem sind die Messwerte sehr empfindlich auf Mehrwegausbreitung und Interferenzen.

### Messung über Signallaufzeit

Ein anderer Ansatz beruht auf genauen Messungen der Ausbreitungszeiten eines Funksignals. Je weiter entfernt ein Empfänger von einem Sender ist, desto länger dauert es, bis das Signal eintrifft. Hier eignet sich der neu standardisierte UWB Mode in IEEE 802.15.4. Durch das breite Frequenzspektrum können

zeitlich sehr kurze Pulse gesendet werden. Dadurch können Mehrwegausbreitung und Interferenzen besser erkannt werden als bei schmalbandigen Systemen. Die Positionsgenauigkeit solcher UWB-Systeme liegt bei guten Verhältnissen deutlich unter einem Meter.

Typische Anwendungen für solche präzisen Real Time Location Systems (RTLS) finden sich in der Logistik bei der Bewirtschaftung von Lagerhäusern, in der industriellen Produktion beim Auffinden von Werkzeugen und Komponenten, im Detailhandel, um zu wissen, wo sich Produkte oder Kunden befinden, in der Wegleitung von Besuchern in grösseren Gebäuden oder in Krankenhäusern zur Lokalisierung von Patienten oder Geräten.

Im Rahmen einer Bachelorarbeit wurde am Institute of Embedded Systems der ZHAW

### Autor

Andreas Rüst ist Dozent für angewandte Computertechnik am Institute of Embedded Systems der ZHAW in Winterthur



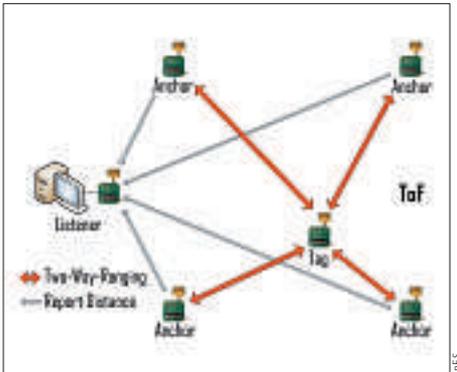


Bild 2: Beim ToF-Verfahren bestimmt jeder Anker seine Entfernung zum Tag und meldet diese an einen zentralen Listener

ein Demosystem basierend auf Chips der irischen Firma Decawave aufgebaut. Das System errechnet die Position eines Tags im Raum mit Hilfe der Messdaten von vier festinstallierten Anker und zeigt die Position des Tags in einem 3D-Modell an. Bei der Systemvalidierung in einem 8 x 14 m grossen Laborraum konnte der Tag auf 10 cm genau lokalisiert werden.

### Time of Flight (ToF)

Die Positionsbestimmung kann über zwei unterschiedliche Verfahren erfolgen. Bild 2 zeigt das ToF-Verfahren. Jeder Anker bestimmt seine Entfernung zum Tag und meldet diese an einen zentralen Listener. Der Listener kennt die Positionen der Anker und errechnet mit einer sogenannten Trilateration die Position des Tags. Dabei bestimmt er den Schnittpunkt der vier Kugelschalen um die Anker. Die Anker verwenden für die Bestimmung der Entfernung ein Two Way Ranging. Dazu kommunizieren der Tag und der jeweilige Anker über drei Nachrichten m1, m2 und m3 (Bild 3).

Sowohl der Tag als auch der Anker registrieren die präzise Zeit, wann das erste Bit eines Frames gesendet bzw. empfangen wird. Mit der dritten Nachricht teilt der Tag seine aufgezeichneten Zeiten ( $T_{\text{send}_m1}$ ,  $T_{\text{rcv}_m2}$ ,  $T_{\text{send}_m3}$ ) dem Anker mit. Der Anker kann mit diesen und seinen eigenen Zeitpunkten errechnen, wie lange jeweils die Übertragung der beiden Nachrichtenpaare (m1, m2) und (m2, m3) gedauert hat. Davon kann er jeweils die angefallene Antwortzeit  $T_{\text{response}}$  für die Verarbeitung des Paketes (empfangen und zurücksenden) subtrahieren. Das Resultat der Rechnung ergibt die reine Signallaufzeit für die beiden Nachrichtenpaare. Der Anker bildet den Schnitt über die vier zurück- →

# Keiner baut Sicherheitsrelais auf 6 mm.

Bis jetzt.



## Relay Technology

Designed by PHOENIX CONTACT

### Maximale Leistung, minimale Bauform

Mit der PSRmini-Produktfamilie bringt Phoenix Contact die weltweit schmalsten Sicherheitsrelais auf den Markt. Auf nur 6 mm und 12 mm bieten sie maximale Funktionale Sicherheit durch zwangsgeführte Kontakte nach Norm EN 50205. Die hochkompakte Bauform spart bis zu 70% Platz. Sie ist möglich dank der neu entwickelten Relais-Technologie von Phoenix Contact mit Schaltlasten bis 6 A.

Mehr Informationen unter  
Telefon 052 354 55 55 oder  
[phoenixcontact.ch](http://phoenixcontact.ch)

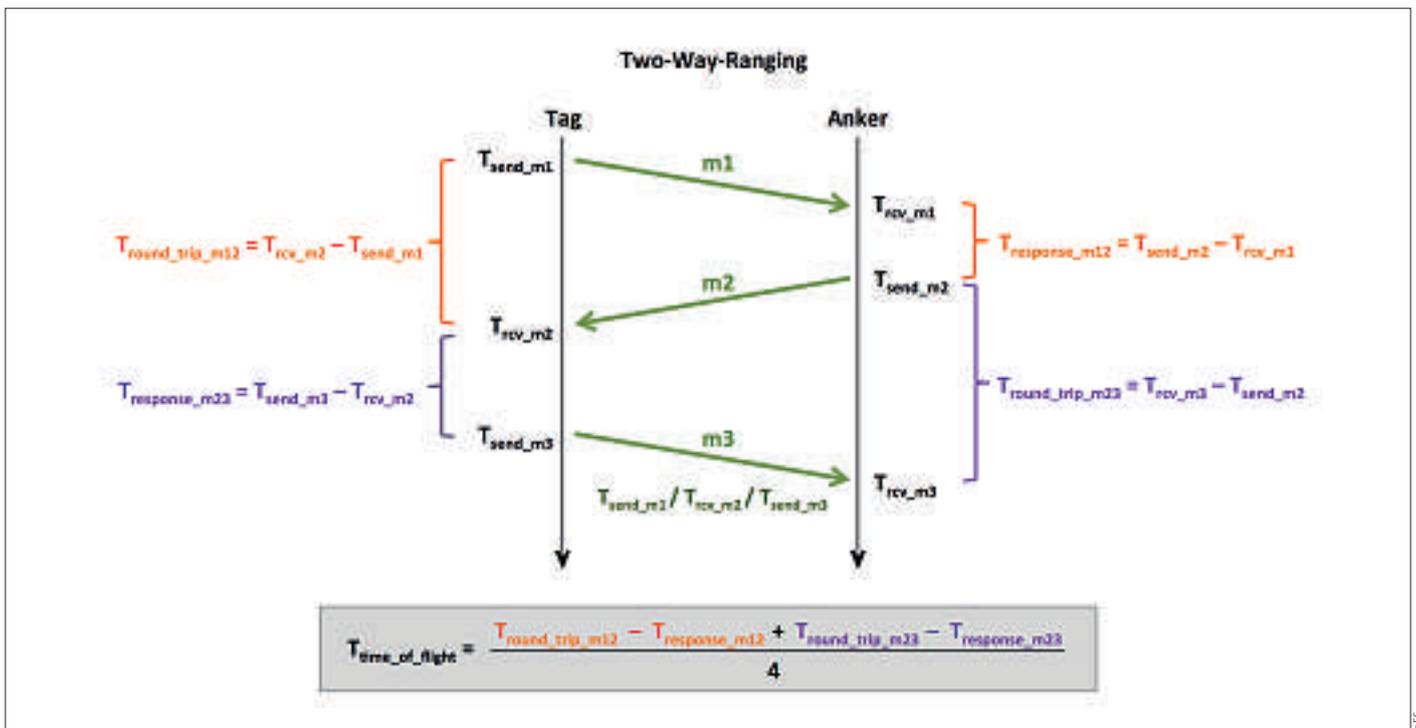


Bild 3: Beim Two Way Ranging kommunizieren der Tag und der jeweilige Anker über drei Nachrichten m1, m2 und m3

gelegten Strecken und rechnet diesen in die Entfernung um. Dabei werden bestimmte Korrekturfaktoren verwendet, unter anderem auch der RSSI-Wert.

### Wände verfälschen die Messungen

Die absoluten Zeiten im Tag und im Anker müssen beim Two Way Ranging nicht synchronisiert sein. Allerdings kann die Clock Drift während der Übertragung die Genauigkeit beeinflussen. Wände und andere grössere Hindernisse im Übertragungsweg, sogenannte «Non Line of Sight»-Situations (NLoS), verfälschen die Distanzmessungen und schränken die Reichweite ein. Mögliche Abhilfen sind der Einsatz von längeren «Preambles» und eine gezielte Senkung der Empfangsschwellen. Situationsbezogene Korrekturfaktoren sowie Mehrfachmessungen mit anschließender Filterung erlauben zusätzliche Verbesserungen.

### Time Difference of Arrival (TDoA)

Alternativ kann man das TDoA-Verfahren verwenden. TDoA benötigt deutlich weniger Sendevorgänge des Tags. Dadurch ist das Verfahren für den Tag einfacher und energiesparender. Der Anwender muss aber bei diesem Verfahren für eine präzise Zeitsynchronisation der Anker sorgen. Dies kann drahtgebunden oder drahtlos erfolgen. Die Anforderungen

an die Synchronisation sind hoch, wenn man bedenkt, dass das Funksignal in einer Nanosekunde etwa 30 cm Distanz zurücklegt.

Beim TDoA-Verfahren sendet der Tag in periodischen Abständen einen Broadcast Blink (Bild 4). Jeder Anker misst den Empfangszeitpunkt der Meldung bezüglich der Referenzzeit. Abhängig von der Entfernung des Tags trifft die Meldung früher oder später ein. Die Anker melden ihren Timestamp an den Listener. Da die Ankerpositionen bekannt sind, kann dieser aus den Unterschieden der Zeitstempel mit einer Multilateration die Position des Tags bestimmen. Anstelle der hier gezeigten absoluten Positionsbestimmung kann man die Technik auch nutzen, um die relative Position von Objekten untereinander zu bestimmen. Beispielsweise um die relativen Positionen innerhalb eines Schwarms nachzuführen.

### Fazit

Real Time Location Systems, basierend auf IEEE 802.15.4 UWB, erlauben eine präzise Lokalisierung von Objekten im Innenbereich. Dabei wird die Funkausbreitungszeit von mehreren Ankern gemessen und durch Laterationsverfahren in eine räumliche Position umgerechnet. Dies kann mit zwei Verfahren erfolgen: Time-of-Flight-Messungen bestimmen direkt die Distanzen des Tags zu den

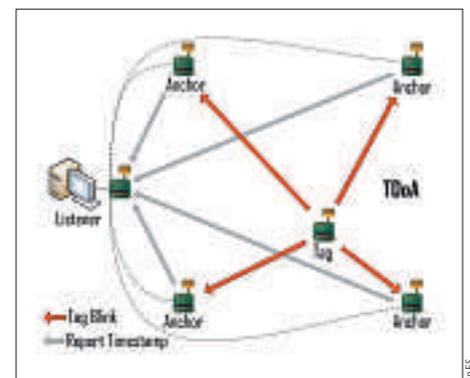


Bild 4: Beim TDoA-Verfahren sendet der Tag in periodischen Abständen einen Broadcast Blink, den «Tag Blink»

einzelnen Ankern. Beim Time Difference of Arrival misst jeder Anker die für ihn individuelle Ankunftszeit eines vom Tag versendeten Pakets. Aus den Unterschieden lässt sich die Position des Tags errechnen. <<

### Infoservice

Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften (ZHAW), Institute of Embedded Systems  
Technikumstrasse 9, 8401 Winterthur  
Tel. 058 934 75 25, Fax 058 935 75 25  
info.ines@zhaw.ch, www.ines.zhaw.ch