

Positionsbestimmung mittels Funktechnologien -

Vergleich von Verfahren und Technologien mit exemplarischer Demonstration

Sebastian Gansemer, Marcel Müller, Jens Reinhard, Uwe Großmann, Christof Röhrig, Jürgen Sieck

1 Einleitung

Die Positionsbestimmung mobiler Geräte ist die Grundlage ortsbezogener Anwendungen und Dienste (Location Based Services). Die Anwendungen reichen von der mobilen Navigation für Fahrzeuge und Smartphones bis hin zu Applikationen in der Automatisierungstechnik und der Logistik. So unterschiedlich wie die Anwendungen sind auch die Verfahren und Technologien die dabei zum Einsatz kommen. Kommen in mobilen Endgeräten wie Smartphones und PDAs im Outdoor Bereich GPS oder Verbindungsinformationen des Mobilfunknetzes zum Einsatz, so werden im Indoor-Bereich Signalstärken von WLAN, RFID oder Signallaufzeiten in drahtlosen Sensornetzwerken genutzt, um die Position innerhalb eines Gebäudes zu bestimmen. In den folgenden Kapiteln werden die genannten Technologien zur Indoor-Positionsbestimmung näher vorgestellt.

2 Lokalisierung in WLAN Netzen

Zur Positionierung in WLAN-Umgebungen bietet sich die Messung der Signalstärke mehrerer Basisstationen (BS) an. Aus der Abschwächung der Signalstärke mit dem Abstand zum Sender wird versucht, über das physikalische Modell der Signalstärkeabschwächung den Abstand zwischen Sender und Empfänger zu ermitteln. Im Idealfall ließe sich dadurch die Position auf eine Kugelfläche um den Sender beschränken. Beim Empfang von Signalen mehrerer Basisstationen ergeben sich mehrere Kugelflächen um die jeweiligen BS, in deren Schnittfläche sich die gesuchte Position befindet. Die Position wird durch Trilateration bestimmt ([3]). In der Realität folgt der Signalstärkeverlauf innerhalb von Gebäuden jedoch nicht dem physikalischen Modell der Signalabschwächung, sondern das Signal wird durch Hindernisse, Reflexionen oder Überlagerungen zusätzlich abgeschwächt oder verstärkt. Daher sind andere Ansätze notwendig, um die Position zu bestimmen.

2.1 Fingerprint-Methoden zur zweidimensionalen Positionsbestimmung

Aufgrund der für die Umgebung typischen Signalstärkeverteilung von WLAN Signalen lassen sich Fingerprint-Methoden insbesondere in Gebäuden zur Lokalisierung in anwenden.

Fingerprint-Methoden werden in zwei Phasen unterteilt. Während einer initialen, Kalibrierungsphase wird das Areal, in dem geortet werden soll, eingemessen, d.h. an einer Reihe von Punkten mit bekannten Positionen, die möglichst gleichmäßig über das Areal verteilt sind, werden gleichzeitig die empfangenen Signalstärke-Werte (RSSI : Received Signal Strength Indication) mehrerer Basisstationen gemessen und in einer Datenbank abgespeichert. In der eigentlichen Ortungsphase werden RSSI-Werte an einem Ort unbekannter Position im Ortungsareal gemessen. Diese RSSI-

Tupel werden mit den in der Kalibrierungsdatenbank gespeicherten RSSI-Tupeln verglichen. Die Position des Kalibrierungstupels, das dem Ortungstupel am ähnlichsten ist, wird als aktuelle Messposition angesehen. Es gibt eine Reihe von Methoden um Ähnlichkeitsmaße von RSSI-Tupeln zu konstruieren ([8]).

Die einfachste Möglichkeit ist, den Euklidischen Abstand ([3]) zweier Tupel als Maß zu nehmen. Eine weitere Möglichkeit stellt das statistische Bayes-Verfahren ([5]) dar, in dem Histogramme von RSSI-Tupeln miteinander skalar multipliziert werden. Daraus ergibt sich eine Wahrscheinlichkeitsverteilung für die aktuelle Messposition im Messareal. Andere Gruppen arbeiten mit neuronalen Netzwerken ([12]) oder Fuzzy-Logik ([13]).

Das Isolinienverfahren ([2]) verfolgt einen anderen Ansatz der an der FH Dortmund entwickelt wurde. Dabei wird ein flächendeckendes Dreiecksnetz mithilfe der Delaunay Triangulation auf dem Messareal erstellt. Die Eckpunkte der Dreiecke stellen dabei die Messpunkte aus der Kalibrierungsphase dar. Innerhalb eines Dreiecks lässt sich durch Interpolation eine Signalstärkeebene bestimmen, die durch die Signalstärkewerte in den drei Eckpunkten definiert ist. So kann man ein komplettes Signalstärkefeld im Messareal interpolieren. Ist ein gemessener Signalstärke-Wert gegeben, so lassen sich die zugehörigen Trajektorien konstanter Signalstärken (Isolinien) ermitteln. Nun werden die Dreiecke bestimmt, welche Isolinien aller Signalstärkewerte enthalten. Anschließend wird ein Ranking dieser Dreiecke nach der Anzahl der Schnittpunkte vorgenommen. Die Position ist durch den Schwerpunkt des besten Dreiecks gegeben.

Mit allen Verfahren werden zurzeit mittlere Genauigkeiten von etwa 2-3m erreicht. Weitere Informationen zu den verschiedenen Ortungsverfahren sowie der Untersuchung der Ortungsgenauigkeiten beschreiben Grossmann et al. ([1]).

2.2 Dreidimensionale Positionierung

Je nach Einsatzszenario ist es nicht ausreichend, die Position in der Ebene zu bestimmen. Oft ist auch die Position in der Vertikalen erforderlich. Innerhalb von Gebäuden ist häufig die diskrete Bestimmung der vertikalen Position ausreichend, d.h. es muss nur die Ebene, das Stockwerk, bestimmt werden. Der Euklidische Abstand und das Bayes Verfahren sind ohne Anpassungen für die Bestimmung der diskreten vertikalen Position (Ebene) zu verwenden. Hier wird die Ebene durch die entsprechende Koordinate des Kalibrierungspunkts mit dem kleinsten Euklidischen Abstand bzw. der höchsten Wahrscheinlichkeit angenommen.

Anpassungen sind notwendig für die Ebenenbestimmung beim Isolinienverfahren. Bei der Verwendung des Verfahrens für mehrere Stockwerke werden zweidimensionale Dreiecksnetze für jedes Stockwerk berechnet. Für die empfangenen Signalstärken der Access Points werden anschließend die entsprechenden Isolinien in den Dreiecken interpoliert. Anschließend wird für jedes Dreieck die Anzahl der enthaltenen Isolinien ermittelt und die Dreiecke nach der Zahl der enthaltenen Isolinien in absteigender Reihenfolge gerankt (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: Ebenenbestimmung mit dem Isolinien-Verfahren

Dreieck Nr.	20	22	35	10	15	23	6
Anz. Isolinien	7	7	7	6	6	5	5
Ebene	2	2	3	2	2	2	1

Tabelle 1 zeigt ein absteigendes Ranking der Dreiecke nach der Anzahl der enthaltenen Isolinien. Die obere Zeile zeigt die Dreiecksnummer, die zweite Zeile die

Anzahl der Isolinien in diesem Dreieck und in der dritten Zeile die Ebene in der sich das Dreieck befindet.

Zur Ebenenbestimmung werden zunächst alle Dreiecke mit maximaler Isolinienzahl betrachtet. Als gesuchte Ebene wird die Ebene mit der höchsten Anzahl von Dreiecken mit maximaler Isolinienzahl angenommen. In Tabelle 1 würde der Algorithmus die aktuelle Ebene als Ebene 2 bestimmen. Ist die Ebene im ersten Schritt nicht eindeutig bestimmbar, so werden zusätzlich die Dreiecke mit $n-1$ Isolinien betrachtet.

Ist die Ebene eindeutig bestimmt, wird die zweidimensionale Position in dieser Ebene nach dem zweidimensionalen Verfahren ermittelt.

2.3 Evaluation

Die in 2.1 und 2.2 vorgestellten Algorithmen ‚Isolinien‘ und ‚Euklidischer Abstand‘ wurden in mehreren Feldversuchen evaluiert. Die Testumgebungen befanden sich bei allen mit FHDO gekennzeichneten Messungen in einem Gebäude der Fachhochschule Dortmund¹ und bei mir MUSEUM gekennzeichneten Messungen im Museum „Umspannwerk Recklinghausen – Museum Strom und Leben“² in Recklinghausen.

Die Testumgebungen FHDO 1 (leerer Seminarraum) und MUSEUM 1 (eine Etage im Museum) sind gekennzeichnet durch ein homogenes Kalibrierungsgitter mit einem Punktabstand von ca. 1m, wogegen die Testumgebungen FHDO 2 (ein Gebäudeflügel über 4 Etagen) und MUSEUM 2 (2 Etagen des Museums) durch ein inhomogenes Kalibrierungsgitter mit Kantenlängen zwischen 3 und 13m gekennzeichnet ist. Bei den Testumgebungen FHDO 1 und MUSEUM 1 wurde lediglich zweidimensional ausgewertet, während die Messung in den Testumgebungen FHDO 2 und MUSEUM 2 zusätzlich dreidimensional ausgewertet wurden.

Tabelle 2: Anteil korrekter Ebenenbestimmungen (in %)

	FHDO 2	MUSEUM 2
Isolinien	86,67	96,84
Euklidischer Abstand	93,33	100

Tabelle 2 zeigt die Anteile korrekter Ebenenbestimmungen für zwei unterschiedliche Testumgebungen. Das Isolinien-Verfahren hat in der Testumgebung FHDO 2 in etwa 87% der Fälle die Ebene korrekt bestimmt, in der Testumgebung MUSEUM 2 wurde die Ebene in etwa 97% der Fälle mit dem Isolinien-Verfahren und in 100% der Fälle mit dem Euklidischen Abstand korrekt bestimmt.

Abbildung 1 zeigt den zweidimensionalen Positionierungsfehler auf der Abszisse und die zugehörige kumulierte Eintrittswahrscheinlichkeit auf der Ordinate.

Den geringsten Positionierungsfehler wies das Isolinien-Verfahren in der Testumgebung FHDO 1 auf. Hier lag der Positionierungsfehler in 80% der Fälle bei maximal als 2,8m. Eine Gruppe, bei der der Positionierungsfehler in 80% der Fälle bei weniger als 3,8m - 5m beträgt, wird durch die Graphen „Euklid FHDO 1“, „Euklid FHDO 2“, „Euklid MUSEUM 1“ und „Isolinien MUSEUM 1“ gebildet. Eine weitere Gruppe mit einem maximalen Positionierungsfehler zwischen 6,2m und 7,8m in 80% der Fälle bilden die Graphen „Isolinien MUSEUM 2“ und „Isolinien FHDO 2“.

¹ <http://www.mbms.fh-dortmund.de/>

² <http://www.umspannwerk-recklinghausen.de/>

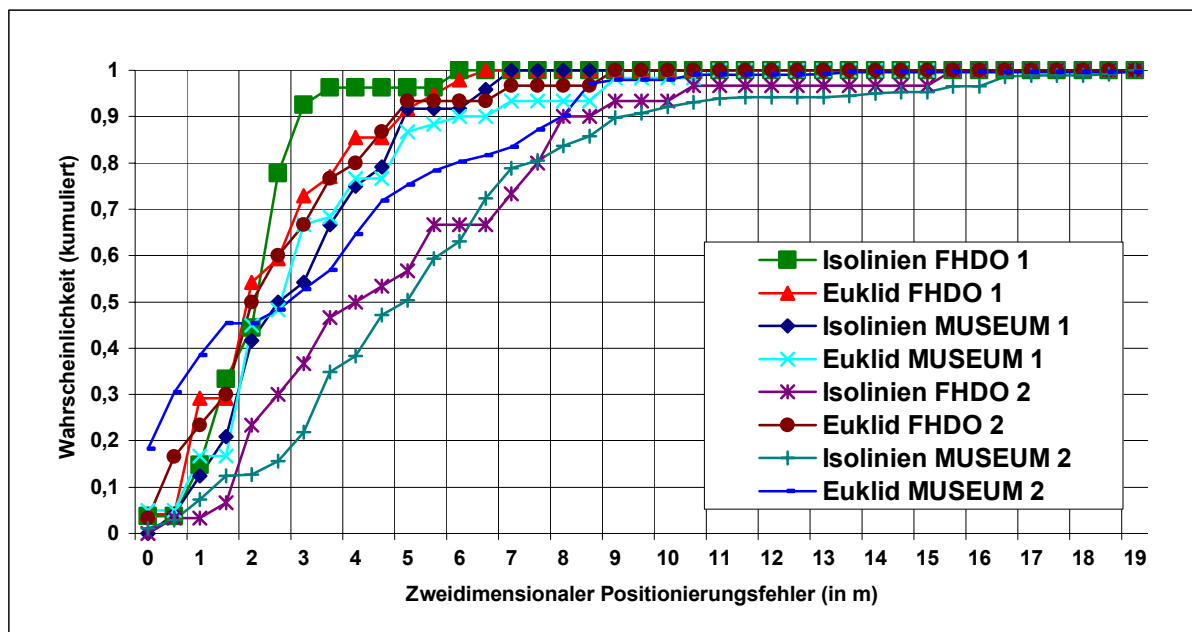


Abbildung 1: Kumulierte Wahrscheinlichkeitsverteilung der zweidimensionalen Positionierungsfehler

Auffällig sind die hohen Positionierungsfehler in der letztgenannten Gruppe. In beiden Fällen wurden die Messungen mit großmaschigem Kalibrierungsgitter durchgeführt und mit dem Isolinien-Verfahren ausgewertet. Die hohen Positionierungsfehler in dieser Gruppe gehen möglicherweise auf das inhomogene und großmaschige Kalibrierungsgitter zurück. Insbesondere das Isolinien-Verfahren scheint hier sehr anfällig zu sein.

Bei vielen Ebenenbestimmungen mit nicht korrektem Ergebnis liegt die zu bestimmende Position in Randbereichen mit einer geringeren Anzahl von empfangenen Access Points. Eine verbesserte Ausleuchtung dieser Bereiche wird möglicherweise zu einer Verbesserung der Datenbasis für die Auswertung führen.

3 Positionsbestimmung in drahtlosen Sensornetzwerken unter Berücksichtigung von Non-Line-of-Sight-Messungen

Ein drahtloses Sensornetzwerk ist ein Funknetz aus Kleinstrechnern, das aus vielen kleinen, dicht verteilten Sensorknoten besteht. Beispielhafte Einsatzgebiete sind neben dem Umweltmonitoring, die Gebäudeautomatisierung und die Logistik. Die genaue Ortsbestimmung in drahtlosen Sensornetzwerken gewinnt bei einer Vielzahl von Anwendungen eine zunehmende Bedeutung. Mit dem nanoLOC-System der Firma Nanotron Technologies kann ein drahtloses Sensornetzwerk aufgebaut werden, welches über Laufzeitmessungen die Distanz zwischen den kommunizierenden Sensorknoten bestimmen kann ([9]). Das nanoLOC-System kann damit zur Echtzeit-Lokalisation auf Basis der Trilateration in Verbindung mit dem Erweiterten Kalman-Filter (EKF) herangezogen werden ([10]). Mehrwegeausbreitung und *Non-Line-of-Sight* (NLOS) führen zu verfälschten Laufzeitmessungen, wodurch sich Fehler bei der Berechnung der Distanzen und der Positionsbestimmung ergeben.

Basierend auf dem in ([10]) vorgestellten Verfahren wurden Algorithmen entwickelt, die NLOS zuverlässig erkennen und behandeln können ([6]). Zur Ermittlung der Position eines Fahrerlosen Transportfahrzeugs (FTF) wurde ein nanoLOC-Netzwerk

aufgebaut. Das FTF ist dabei mit einem zu lokalisierenden Sensorknoten, dem sogenannten Tag, versehen und bewegt sich auf einer Trajektorie, innerhalb eines von vier ortsfesten Referenzknoten (Anker) aufgespannten Bereiches.

Kann sich das Funksignal der verwendeten Sensorknoten während der Laufzeitmessung ungehindert ausbreiten (Line-of-Sight, LOS), können die Distanzen zwischen Tag und den Ankern entsprechend genau berechnet werden und eine sehr gute Annäherung an die Referenztrajektorie des FTFs ist möglich.

Durch Mehrwegeausbreitung und NLOS entstehen zwei verschiedene Situationen, die zu einer, teilweise sehr starken, Verminderung der Lokalisationsgenauigkeit führen:

- a) Ankerknoten können durch Ausfall oder Überschreitung der maximal zulässigen Zeitdauer einer Laufzeitmessung nicht erreicht werden, d.h. es kann keine Bestimmung der jeweiligen Distanz erfolgen.
- b) Ankerknoten liefern stark vergrößerte Messwerte.

Das Erweiterte Kalman-Filter ist ein rekursiv arbeitendes Filter, das den Zustand dynamischer nichtlinearer zeitdiskreter Systeme mit Hilfe von unvollständigen und/oder verrauschten Messungen schätzen kann. Zur korrekten Funktionsweise des Filters muss der Fehler dieser Messungen allerdings einer Normalverteilung unterliegen. Bei häufigem Auftreten von NLOS ist diese Bedingung nicht mehr erfüllt und die Positionsschätzung entfernt sich von der entsprechenden wahren Position. Zur Behandlung dieser Problematik sind die nachfolgend beschriebenen Verfahren entwickelt worden.

Alle Methoden basieren auf der Berechnung des Fehlers einer Entfernungsmessung, wozu die Abweichung zwischen den Entfernungsmessungen und deren a-priori Schätzung herangezogen wird.

3.1 Ausschluss von Ankerknoten

Generell werden zunächst alle Ankerknoten zu denen keine Verbindung hergestellt werden kann vom Berechnungsvorgang ausgeschlossen (vgl. Abbildung 2). Darüber hinaus wird der genannte Fehler der Entfernungsmessungen dazu herangezogen, stark fehlerbehaftete Messwerte auszuschließen (vgl. Abbildung 3). Dies hat, wie in den Abbildungen zu erkennen, deutliche Auswirkungen auf die Positionsgenauigkeit. Dennoch weichen geschätzte und wahre Trajektorie weiterhin voneinander ab.

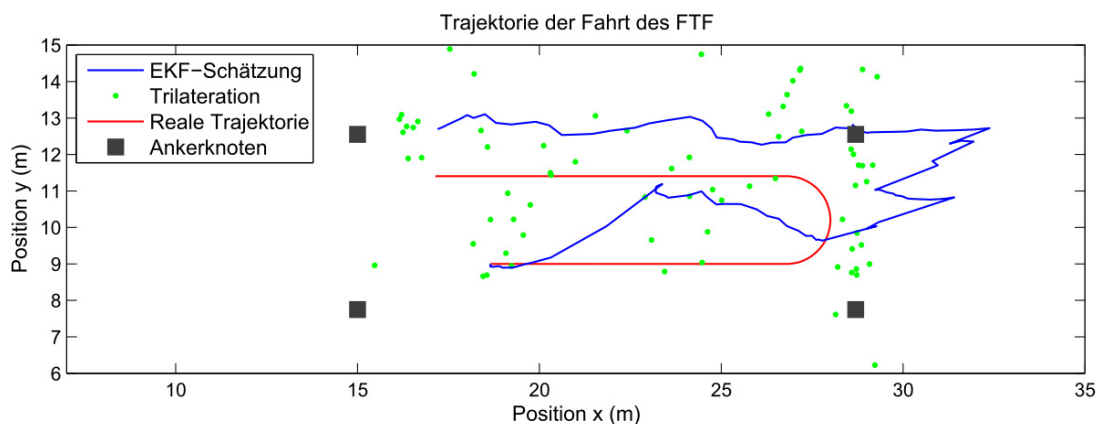


Abbildung 2: Trajektorie nach Ausschluss von nicht erreichbaren Ankerknoten

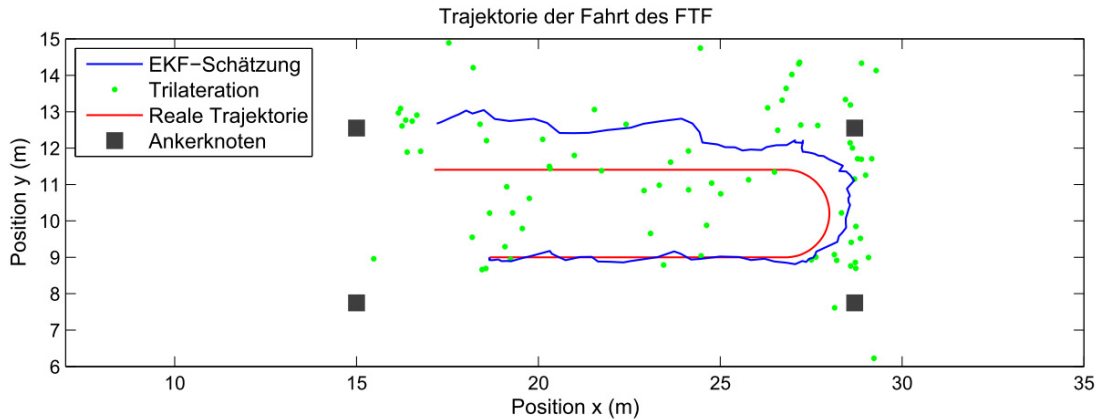


Abbildung 3: Trajektorie nach Ausschluss von nicht erreichbaren Ankerknoten und stark fehlerbehafteten Messwerten

3.2 Multiplikative Anpassung der Messrausch-Kovarianzmatrix

Da der radikale Ausschluss von Messwerten die Datenbasis stark verringert, ist ein alternativer Ansatz entwickelt worden. Dieser verwendet den Fehler der Entfernungsmessungen dazu, die Elemente der Messrausch-Kovarianzmatrix R des EKF's multiplikativ zu erhöhen. Fehlerbehafteten Messwerten wird so ein geringeres Gewicht bei der Positionsschätzung durch das EKF zugewiesen. Eine nochmalige Verbesserung der Positionsgenauigkeit kann allerdings nicht erreicht werden.

3.3 Kontinuierliche Berechnung der Messrausch-Kovarianzmatrix

Diese Variante führt eine permanente Berechnung der Fehlervarianz durch, welche die voreingestellte Varianz in R ersetzt. Somit ist eine genauere Dimensionierung der einzelnen Varianzen möglich, wodurch eine zusätzliche Verbesserung der Positionsgenauigkeit erzielt wird (vgl.). Das Ausschlussverfahren (Abschnitt 3.1) findet bei dieser Methode ergänzend Anwendung.

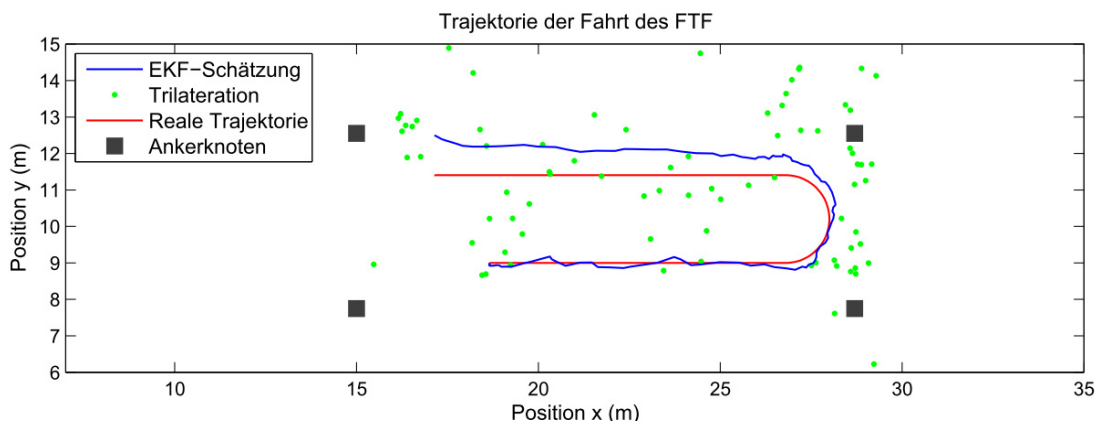


Abbildung 4: Trajektorie nach kontinuierlicher Berechnung der Messrausch-Kovarianzmatrix

4 RFID basierte Ortung in Museen

4.1 Das Entwicklungsumfeld

Das EMIKA³-Projekt wurde in Kooperation zwischen der Stiftung Jüdisches Museum Berlin und der HTW Berlin bearbeitet. Ziel des Projektes war die Entwicklung eines mobilen multimedialen Informationssystems für das Jüdische Museum Berlin, dessen Kern ein kontextsensitiver Multimediaguide für die Dauerausstellung war.

Ein wichtiger Bestandteil des Projekts war die Umsetzung der Lokalisierung. Dabei mussten die folgenden Eckpunkte durch das System erfüllt werden ([6]):

1. Das System muss schnell, zuverlässig, genau und stabil arbeiten.
2. Notwendige Hardware-Installationen dürfen weder den Ausstellungsbetrieb noch die Architektur des Jüdischen Museums Berlin stören.
3. Die Prozesse für Installation und Wartung der Hardware dürfen nicht zu aufwendig sein.
4. Die Realisierung einer Lösung muss „bezahlbar“ sein.

Die Evaluation von verschiedenen Lokalisierungstechnologien und Lösungen anderer Museen ergab, dass es kein System am Markt gab, welches den Ansprüchen in allen Punkten genügte. Im Folgenden wird die vom EMIKA-Team entwickelte Lösung vorgestellt. Diese Lösung basiert auf der aktiven RFID-Technologie und ermöglicht eine segmentgenaue Lokalisierung.

4.2 Verfahren zur Positionierung

Die vom EMIKA-Team entwickelte Ortung basiert auf den Grundlagen des Verfahrens Cell of Origin (COO) und wurde zur Erhöhung der Präzision der Positionsbestimmung durch Variation von Signalstärken modifiziert.

4.2.1 Cell of Origin Verfahren

Beim COO Verfahren wird vorausgesetzt, dass die Sendestationen eine Zellstruktur bilden. Funktechnologien haben eine bestimmte Reichweite ([4], [9]), die für die Bestimmung der Position ausgenutzt werden kann. Jede Sendestation befindet sich an einer festgelegten und bekannten Position. Ein Empfänger empfängt Daten von einem Transponder, wenn sich dieser im Empfangsbereich der Station befindet. Die Genauigkeit dieser Positionsbestimmung ist von der maximalen Signalstärke sowie der Positionierung der Transponder abhängig. Im ungünstigsten Fall entspricht die Genauigkeit der Lokalisierung dem Radius des Sendebereichs.

4.2.2 Positionierungsinfrastruktur

Nach der Idee des COO Verfahrens wurde das Jüdische Museum Berlin mit aktiven Transpondern ausgestattet. Dazu wurden insgesamt 25 Transponder in das Lichtschienensystem der Decke über den gesamten Bereich der Dauerausstellung installiert. Das Lesegerät wird über die serielle Schnittstelle des verwendeten PDA's angeschlossen.

³ <http://inka.htw-berlin.de/emika/index.html/>

4.2.3 Positionierungsalgorithmus

Ausgehend von der Cell of Origin Ortungsmethode wurden die folgenden Annahmen auf das Ortungssystem des JMB Berlin übertragen:

- jede Transponder-ID wird einem Segment der Dauerausstellung des Museums zugeordnet.
- Anhand der Signalstärken von verschiedenen Transpondern kann der Besucher einer Zelle, einem Segment der Dauerausstellung des Museums zugeordnet werden

Die Transponder senden Datenpakete mit der ID sowie in unterschiedlichen Signalstärken. Die Pakete werden in Intervall mit je 25%, 50%, 75% und 100% der maximalen Signalstärke gesendet. Entsprechend ihrer Signalstärke haben die Pakete unterschiedliche Reichweiten und sind somit ein Maß für die Entfernung zum jeweiligen Transponder.

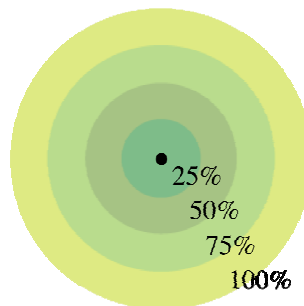


Abbildung 5: Ausbreitung des Transpondersignals

Der Algorithmus zur Bestimmung des Segments muss anhand der Signalstärken der Transponder die Zelle bestimmen, in der sich der Besucher der empfangenen Transponder-Daten am wahrscheinlichsten befindet.

Dazu wurde mit den folgenden zwei Heuristiken gearbeitet:

1. Der RFID-Leser befindet sich in der Nähe des Transponders, von dem die meisten Signale mit der geringsten Signalstärke empfangen werden.
2. Transponder-Daten mit geringerer Signalstärke werden schneller ungültig, da sie nur in einem kleinen Bereich empfangen werden können

Diese beiden Heuristiken entsprechen dem folgenden Algorithmus:

```
for all incoming signals do
  store signal
  delete all timed out signals (after x seconds)
  sort signal IDs w.r.t. [min (signal strength), max (received packets in x
                        sec.)]
return best signal ID

x = 5 ... 10 seconds, depending on signal strength
```

Der Algorithmus wurde mit der Programmiersprache C als fester Bestandteil der Firmware der Reader implementiert und musste somit nicht auf der CPU des PDA ausgeführt werden. Da die Logik zur Positionsbestimmung durch den Prozessor des entsprechenden Readers berechnet wird, steht die volle Leistung des mobilen Gerätes für die Präsentation der multimedialen Inhalte zur Verfügung.

4.3 Einsatz im Museum

Für die Entwicklung der Lokalisierung wurde das aktive RFID-System OpenBeacon der Berliner Firma Bitmanufaktur⁴ eingesetzt. OpenBeacon ist ein freies Design für aktive RFID Geräte im 2,4 GHz ISM Band. Die OpenBeacon USB Reader wurden sowohl als Transponder als auch als Reader für die PDA's des Guides eingesetzt.

4.3.1 Installation

Die Installation der Transponder erfolgte über beide Etagen der Dauerausstellung. Dazu wurden die Transponder an das Lichtschienensystem des Museums angepasst und konnten so unauffällig an der Decke installiert werden. Durch die Deckeninstallation konnte die Abschirmung von Funksignalen durch Körper oder Ausstellungsgegenstände minimiert werden.

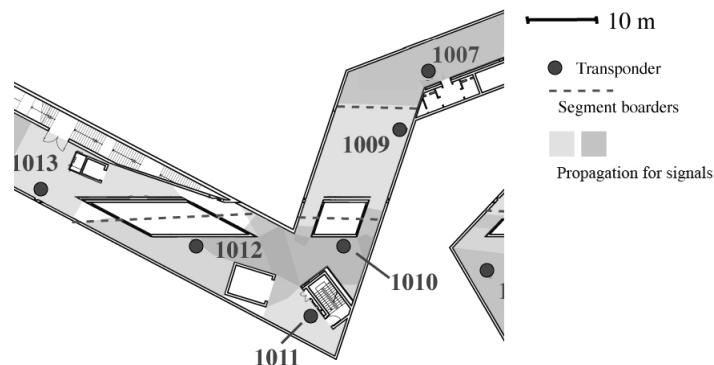


Abbildung 6: Ausbreitung der Signale mit Sendestärke 50%

Eine weitere Abschirmung der Signale ist durch die Architektur des Gebäudes gegeben. Im konkreten Fall des Jüdischen Museums beeinflusste die Abschirmung durch die Architektur die Berechnung der Position sehr positiv, was z.B. zur eindeutigen Identifizierung von einzelnen Zellen führte. Hierzu tragen vor allem die Wände aus Beton, die unkonservative und stark verwinkelte Bauweise sowie die bauliche Trennung der Segmente durch die sogenannten „Voids“ bei. Die Abbildung zeigt einen Ausschnitt der Dauerausstellung mit den installierten Transpondern und der Ausbreitung der Signale.

4.3.2 Geräteanpassung

Der von uns gewählte Ansatz weist jedoch ein großes Problem auf. Da der Reader an den PDA gebunden ist, ist bei jedem Gerätewechsel auch eine Anpassung des Readers an die entsprechende Schnittstelle des PDA's notwendig. Für die nächste Generation des Lokalisierungssystems ist ein Wechsel der Infrastruktur geplant. Dieser Wechsel sieht eine lose Softwarekopplung zwischen Gerät und aktiven Transponder vor. Um die vorhandene Infrastruktur der Deckeninstallation erhalten zu können, wird die Funktionalität dieser Transponder erweitert. Hierzu muss eine neue Firmware implementiert werden. Die Firmware ermöglicht die Nutzung der Infrastruktur als Mesh Network zur Übertragung der Daten der aktiven Besucher-Transponder. Die Daten der Transponder können nun von einer zentralisierten Serverlösung verarbeitet werden. Die zukünftige Arbeit am System wird sich auf die zentralisierte Verarbeitung konzentrieren. Durch die Adaption von RSSI basierten

⁴ <http://www.bitmanufaktur.com>

Ortungsmethoden wie Triangulation, Trilateration sowie verschiedene Fingerprintverfahren wird eine genauere Ortung erwartet als sie mit dem bisherigen System möglich ist.

4.3.3 Die Multimedia-Guide Anwendung

Die Lokalisierung ist ein wichtiger Bestandteil der Multimedia-Guide Anwendung. Durch den segmentbasierten Ansatz ist es möglich dem Benutzer die Inhalte abhängig von seiner Position anzubieten. Die Segmente werden schnell und zuverlässig erkannt, so dass die Content-Filterung durch die Position des Besuchers in der Ausstellung gut funktioniert und durch die Testpersonen angenommen wurde.

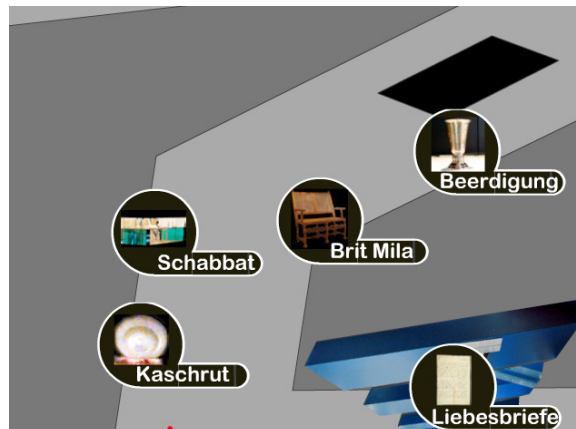


Abbildung 7: Ansicht Segment Multimediateguide

5 Zusammenfassung

In dieser Arbeit wurden drei Verfahren zur Positionsbestimmung innerhalb von Gebäuden vorgestellt. Die zugrunde liegenden Technologien sind grundlegend unterschiedlich. Bei der fingerprintbasierten WLAN Ortung werden die charakteristischen Signalstärkefelder für die Positionsbestimmung genutzt, beim lauffzeitbasierten NanoLOC Verfahren wird über die Signallaufzeiten der Abstand zu den Ankerknoten und so die Position berechnet. Das dritte vorgestellte Verfahren nutzt die Signalstärke einem von einem RFID Tag ausgesendeten Signals zur Ermittlung des Abstands von einem RFID Tag dessen Position bekannt ist.

Welches Verfahren eingesetzt wird hängt stark von den Anforderungen an die Genauigkeit der Positionsbestimmung sowie vom Einsatzszenario ab. Eine pauschale Aussage lässt sich dazu nicht treffen.

6 Literatur

- [1] Grossmann, U.; Schauch, M.; Hakobyan, S., The accuracy of algorithms for WLAN indoor positioning and the standardization of signal reception for different mobile devices. International Journal of Computing, Vol. 6, Issue 1, 2007, pp. 109-109.
- [2] Großmann, U.; Röhrig, C.; Hakobyan, S.; Domin, T.; Dalhaus, M., WLAN Indoor Positioning Based on Euclidian Distance and Interpolation (Isobars). In: Proceedings of the 8th Wireless Technologies Kongress, 2006, pp. 296-305.
- [3] Kolodziej, KW; Hjelm, J., Local Positioning Systems – LBS Applications and Services, Taylor & Francis, 2006.

- [4] Küpper, A.: Location-based Services, Fundamentals and Options; John Wiley & Sons, Ltd, 2005.
- [5] Ladd, A. M.; Bekris, K. E.; Rudys, A.; Kavradi, L. E.; Wallach, D. S.: Robotics-based location sensing using wireless Ethernet, *Wireless Networks*, 11 (1-2), 2005, pp. 189 – 204.
- [6] Mohnke, J.; Fiedler, A.; Hohendorf, A.; Meriac, M.; Reinhardt, J.; Starostik, M.: Lokalisierungstechniken für ein mobiles Museumsinformationssystem, In: Sieck, Jürgen; Herzog, Michael A. (Hrsg.): *Wireless Communication and Information, New Technologies and Applications*, Verlag Werner Hülsbusch, 2008.
- [7] Röhrig, C.; Müller, M.: Indoor Location Tracking in Non-line-of-Sight Environments Using a IEEE 802.15.4a Wireless Network. In: Proceedings of the 2009 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS 2009), St. Louis, USA, Oktober 2009
- [8] Roth, J. (2002): *Mobile Computing – Grundlagen, Technik, Konzepte*, 1. Auflage, dpunkt, Heidelberg, 2002.
- [9] Schiller, A; Voisard, A: *Location-Based Services*; Morgan Kaufmann Publishers 2004.
- [10] Schlichting, F.: nanoLOC TRX: Präzise Abstandsbestimmung und Lokalisierung mittels Laufzeitmessung (RTOF) durch Einsatz der 2,4 GHz Chirp Spreiztechnologie (CSS). In: Tagungsband *Wireless Automation: Funkgestützte Kommunikation in der industriellen Automatisierungstechnik*, VDI Verlag GmbH, Februar 2008 (VDI Berichte 2010), S. 61–70.
- [11] Spieker, S.: *Lokalisation in der Lagerverwaltung – Nutzenpotentiale drahtloser Sensornetzwerke zur Positionsbestimmung sowie Genauigkeitsoptimierung mit dem Kalman-Filter*. Saarbrücken : Verlag Dr. Müller, 2008.
- [12] Takenga, C.M., Kyamakya, K.: Pre-processing of Data in RSS Signature-Based Localization. In: Proceedings of the 3rd Workshop on Positioning, Navigation and Communication 2006, Shaker, Aachen, 2006, pp 91- 96.
- [13] Teuber, A., Eissfeller, B.: WLAN Indoor Positioning Based on Euclidian Distances and Fuzzy Logic. In: Proceedings of the 3rd Workshop on Positioning, Navigation and Communication 2006, Shaker, Aachen, 2006, pp 159 – 168.