

Autonome Orientierung und Ortung mobiler Multimedia-Geräte in AmI Arbeitsplätzen basierend auf passiven RFID-Tags

Ali A. Nazari Shirehjini
Fraunhofer-IGD, Darmstadt, Germany,
ali.nazari@igd.fraunhofer.de

Abstract: In diesem Aufsatz wird ein Ortungssystem vorgestellt, welches in der Lage ist, auf Basis von RFID-Technologie präzise und zuverlässige Positions- und Orientierungsinformationen zu mobilen Objekten im Raum zu liefern. Dabei werden passive RFID-Tags auf der Unterseite von handelsüblichen Teppichen angebracht, welche dann von mobilen Objekten mit Hilfe einer geometrischen Anordnung von RFID-Readern interpretiert werden. Zusätzlich wird ein Schema zur Kennzeichnung und Auswertung der RFID-Tags vorgestellt. Der Aufsatz führt zunächst den Ansatz und den realisierten Prototypen ein. Danach werden die durchgeführte Messungen beschrieben und deren Ergebnisse diskutiert.

1 Einleitung

Eine wichtige Voraussetzung für die Realisierung situationsabhängiger Anwendungen ist es, zuverlässige Kontextinformationen über Objekte und Personen in Ambient Intelligence (*AmI*)-Umgebungen zu besitzen. Eine der wichtigsten Kontextdimensionen ist die Position und Orientierung von Objekten [ESG05], (Display-)Flächen sowie Personen im Raum. Für die meisten Anwendungen in Indoor-Umgebungen liefern *off-the-shelf*-Lösungen wie beispielsweise Ubisense eine ausreichende Qualität für die Positionsbestimmung von Personen und portable Geräte. Eine gute Übersicht über existierende Positionierungssystemen findet sich in [BBR02]. Die meisten dieser Systeme bieten nur Positionsdaten ohne Informationen über die Orientierung der Objekte. Die Genauigkeit der Positionsdaten liegt dabei zwischen 150 cm und 300 cm. Für situationsabhängige Interaktion in intelligenten Multimedia-Arbeitsumgebungen (z.B. Meetingraum, Büro) werden jedoch *präzise* Daten für Personen, Displays sowie mobile Multimedia-Objekte (z.B. mobiler TV-Wagen / Projektortisch, SmartBOARDS) benötigt. Positions- und Orientierungsinformationen mit einer Genauigkeit von mindestens 10 cm bzw. 15 Grad werden benötigt, um z.B. adaptive 3D-basierte User Interfaces auf portablen PDAs automatisch zu erzeugen, welche dann eine *intuitive* Fernbedienung komplexer Multimedia Infrastrukturen erlauben [Shi04]. Andere Beispiele für intelligente Anwendungen, welche präzise Position- und Orientierungsinformationen benötigen, sind intelligente Agenten für die Multimedia-Ausgabekoordination, die zur Darstellung von Medien automatisch diejenigen Displayflächen auswählen, welche von der aktuellen Position und Lage des Nutzers aus optimal sichtbar sind.

Diese Arbeit stellt ein RFID-basiertes System zur Orientierung und Positionierung mobiler Multimedia-Geräte vor, welches sich für *besondere* Anwendungen multimedialer AmI-Arbeitsumgebungen eignet. Im nächsten Kapitel wird das Konzept und Systemaufbau vorgestellt. Im dritten Kapitel beschreiben wir die Ergebnisse der Systemevaluierung. Zum Schluss wird auf verwandte Arbeiten eingegangen. Die besonderen Anforderungen solcher Anwendungen an dem hier beschriebenes Ortungssystem sind Präzision und autonome Ortung. Für die Realisierung von dynamischen adaptiven situationsabhängigen 3D-basierten Nutzerschnittstellen sowie kontext-sensitiver Multimedia-Ausgabekoordination werden Positions- und Orientierungsangaben mit hoher Genauigkeit (ca. 10 cm bzw. 15 grad) benötigt. Desweiteren sollte sich ein mobiles Multimedia-Objekt (z.B. ein mobiler TV-Wagen) in einem fremden Raum autonom orten und orientieren lassen, ohne zusätzliche Informationen über die Infrastruktur der Umgebung zu brauchen.

2 Ansatz einer RFID-basierten Positions- und Orientierungsbestimmung

Das System besteht aus sogenannten *RFID-Carpets*, *mobilen Objekten* sowie Komponenten zur Interpretation von Sensordaten und Verteilung der Ortungsinformationen.

RFID-Carpet. Hierbei handelt es sich um handelsübliche quadratische Büroteppichplatten, die zeilen- und spaltenweise aneinandergereiht eine zusammenhängenden Fläche bilden. Auf der Rückseite dieser Teppichelemente sind RFID-Tags (Tag-it HF-I Transponder, Texas Instruments) in einem gitterartigen Muster angebracht. Jeder Tag nimmt dabei eine feste vordefinierte Position innerhalb einer Teppichplatte ein. Diese Positionen beziehen sich auf das lokale Koordinatensystem einer Teppichplatte und sind auf den Tags gespeichert. Zusätzlich dazu enthält jeder Tag die Informationen dazu, auf welcher Teppichplatte (Zeile, Spalte) innerhalb eines Zimmers der Tag plaziert ist. Tritt ein mobiles Lesegerät in die Reichweite eines Tags ein, so können Positionsdaten des Tags ausgelesen und damit auf dessen Position im Raum geschlossen werden.

Spärliche oder dichte Transponderanordnung. Die Anordnung der Tags wurde so ausgewählt, dass sich nur ein Transponder im Empfangsbereich eines Lesers befinden kann. Ein wichtiger Aspekt liegt in der erwarteten Auflösung und Zuverlässigkeit der Positionsergebnisse. Wählt man eine sehr spärliche Anordnung, wächst die Wahrscheinlichkeit, dass ein Reader sich zu einem Zeitpunkt in einem nicht *getagten* Bereich aufhält [BM04, ESG05] und damit keine Positionsdaten bekommt. Tritt dieser Fall für mehr als zwei Transpondern ein, so ist keine Orientierung mehr möglich.

Mit RFID-Readern ausgestatteter Wagen. Durch die Wahl von vier Readern pro Objekt soll eine höhere Lesewahrscheinlichkeit erreicht werden.

Auswertungs- und Kommunikationssystem. Die RFID-Komponenten sind über ihre serielle Schnittstelle mit einem Rechner verbunden, welcher aus den Tag-Informationen die Position und Orientierung bestimmt.

Position und Orientierung anhand von vier Punkten. Schon mit zwei Punkten lassen sich die Position (Wagenmittelpunkt auf X-Y-Ebene) und die Orientierung für ein Objekt berechnen. Durch Einsatz von redundanten Werten (vier Readern) steigt die Robustheit

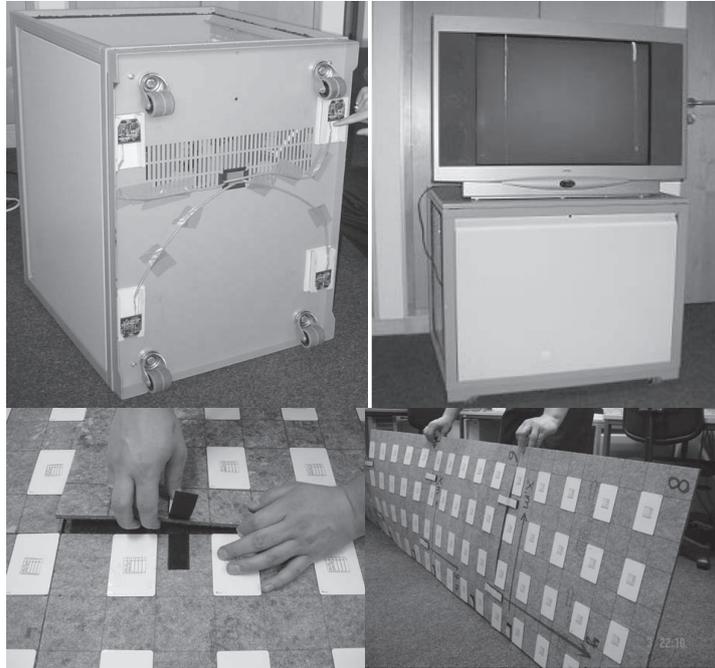


Abbildung 1: Oben ein mobiles Gerät mit RFID-Ausstattung. Unten eine zusammengesetzte RFID-Carpet und die gitterartige Anordnung von Tags.

des Verfahrens. Insbesondere lassen sich auch dann Berechnungen durchführen, wenn ein oder sogar zwei Reader ausfallen. Der Wagenmittelpunkt berechnet sich dann aus der *vektoriellen Mittelwert* der berechneten vier Reader-Positionen. Die Orientierung wird als ein normiertes, orthogonales Vektor vom Wagenmittelpunkt hin zur einer von Nutzer definierten Seite des Wagen angegeben.

3 Evaluierung des Gesamtsystems

Testaufbau. Die Messung basiert auf einer Route, die aus 9 Positionen besteht, welche vier mal durchlaufen wurde. Für jede der 9 Positionen wurde in jedem der 4 Durchläufe die Tag-Daten für alle drei Reader ausgelesen. Der vierte Reader war inaktiv und simulierte damit einen Ausfall. Dies ergab folglich $9 \times 4 \times 3$ Messwerte. Dabei wurde für jede Position und jedes Rad der Mittelwert aus den 4 Messvorgängen errechnet, sodass wir für jede Position eine mittlere Lage des Wagens erhielten. Aus den erhaltenen Durchschnittswerten für die Readerpositionen wurde der vektorielle Mittelwert gebildet, welcher somit den Wagenmittelpunkt darstellte. Die Abbildung 2 vergleicht die tatsächliche vom Wagenmitte hinterlegten Route mit den vom System *gemessenen* Werten.

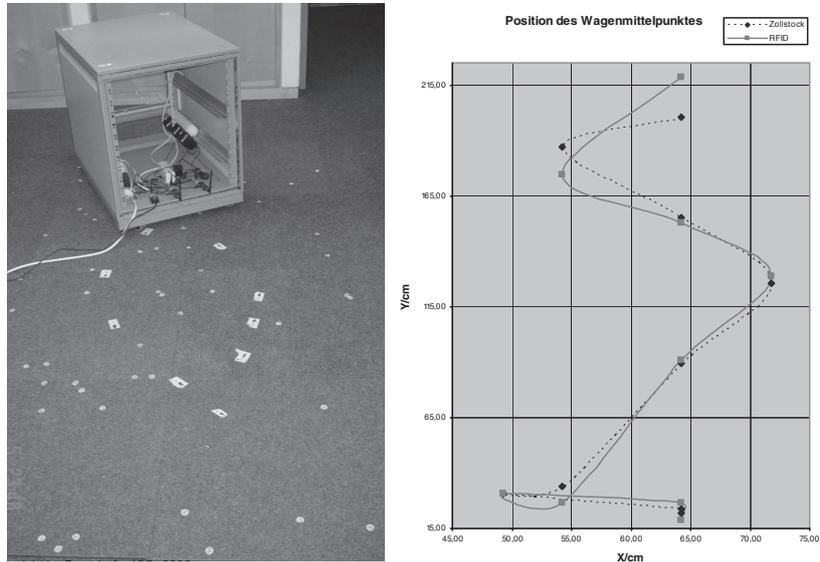


Abbildung 2: Links eine Testroute. Rechts sind die vom System ermittelten Pos. (durchgezogene Linie) im Vergleich zu den realen Pos. (gepunktet) d. Wagenmitte zu sehen.

4 Verwandte Arbeiten und Diskussion

Basierend auf passiven RFID-Grids beschreibt Sumi Helal [WH03] Lösungen zur Personenortung, um dadurch vor allem blinden Personen eine eigenständige Navigation zu ermöglichen. Das Ziel der hier beschriebenen Arbeit ist es, die Position und Orientierung mobiler Wagen in fremden Umgebungen zu bestimmen, während sich [WH03] auf die Positionsbestimmung von Personen mittels einzelner *RFID-Schuhe* konzentriert. Die vorliegenden Anforderungen haben die systemtechnische Implikation, dass mindestens zwei Räder von mobilen Objekten mit RFID-Readern ausgestattet werden müssen. Das präsentierte System benutzt dazu sogar vier¹ Reader, um eine höhere Meß- und Ausfallsicherheit zu erzielen. Der vorgestellte Prototyp ist so entworfen worden, um keine absolute Informationen über die Umgebung zu benötigen. Im Gegensatz zu [WH03] werden die Tags nicht mit absoluten, auf den Raum bezogenen Positionsdaten beschrieben, sondern mit Reihen- und Spaltennummern bezüglich einer Teppichplatte sowie mit den relativen Koordinaten jeder einzelnen Platte im Bezug auf die gesamte zusammenhängende Teppichfläche. Ebenso erfordert der Ansatz von [WH03] eine aufwendige Aktualisierung aller Positionsdaten, wenn die Raumgeometrie sich ändert, was bei modularen Grossraumbüros, Mehrzweckbauten, Messen und Konferenzräumen, etwa mit mobilen Trennwänden, oft der Fall ist.

Das präsentierte System hat eine Genauigkeit von 5-15cm bei Verwendung von nur drei Readern. Aussagen zu Genauigkeit oder Testergebnisse sind bei [WH03] zum Zeitpunkt

¹Zum Testen wurden nur drei eingesetzt

Nr.	Messergebnisse		Tatsächlicher Mittelpunkt	
	x/cm	y/cm	x/cm	y/cm
1	64,25	218,75	27,67	200,33
2	54,25	174,75	32,67	187,17
3	64,25	152,75	49,50	155,00
4	71,75	128,75	55,50	125,67
5	64,25	90,75	65,83	89,67
6	54,25	26,75	52,17	34,00
7	49,25	30,75	43,83	30,83
8	64,25	26,75	58,33	23,83
9	64,25	18,75	62,33	22,17

Abbildung 3: Ermittelte (links) im Vergleich zur per Hand abgemessenen (rechts) Wagenmitte

dieser Veröffentlichung noch nicht vorhanden. Smart Carpet [Car03] ist das System eines Teppichs, der ausgestattet ist mit einem Netzwerk selbst-organisierender Mikrokontroller. Smart Carpet stellt ein *Basisprodukt* dar, ohne konkret auf RFID-basierte Ortung mobiler Objekte im Speziellen zu fokussieren. Von 108 Lesevorgängen wurden 43 (40%) mal keine Tags identifiziert. Dies hängt mit der gitterartigen Verteilung von Tags zusammen. Wenn ein Reader zwischen mehrere Tags in einer *blinden Zone* liegt, dann können keine Tags erfasst werden. Trotzdem konnten in 6 aus 9 Positionen alle drei Reader erfasst werden. In 2 aus 9 Fällen gab es Daten für zwei Reader (Position 3,4). Lediglich in Position 1 konnte nur ein Rad positioniert werden. Dies spiegelt sich in der Genauigkeit des berechneten Mittelwertes wieder. In Positionen 5,6,7,8, und 9 haben wir eine Genauigkeit zw. 3-8 cm (Betrag des vektoriiellen Differenzes). In Position 3 und 4 eine Genauigkeit von ca. 15 cm sowie am Position 1 eine *Ungenauigkeit* von ca. 30 cm. Ähnliche Ergebnisse haben wir in weiteren getesteten Routen bekommen, die wir aufgrund ihrer Ähnlichkeit hier nicht weiter beschreiben (vgl. Abb. 3). Verwendet man 4 Reader, so erhöht sich die Robustheit der Messergebnisse. Die Orientierung verhält sich in der Qualität ihrer Ergebnisse ähnlich.

Literatur

- [BBR02] Martin Bauer, Christian Becker und Kurt Rothermel. Location Models from the Perspective of Context-Aware Applications and Mobile Ad Hoc Networks. *Personal Ubiquitous Comput.*, 6(5-6):322–328, 2002. LocationModels-Comparison.pdf.
- [BM04] Jürgen Bohn und Friedemann Mattern. Super-Distributed RFID Tag Infrastructures. In *Proceedings of the 2nd European Symposium on Ambient Intelligence (EUSAI 2004)*.
- [Car03] Smart Carpet. Smart Carpet, 05.05.2003. Information Number: INFCPR200305-069.
- [ESG05] Ahmet Erdogan, Ali Asghar Nazari Shirehjini und Martin Gergeleit. *Konzeption und Realisierung eines Geometriemodells basierend auf Sensornetzen für den Einsatz in Intelligenten Umgebungen*. Diploma thesis, Fachhochschule Wiesbaden, April 2005.
- [Shi04] Ali A. Nazari Shirehjini. A novel interaction metaphor for personal environment control: Direct manipulation of physical environment based on 3D visualization. In *Computers & Graphics, Special Issue on Pervasive Computing and Ambient Intelligence*, Jgg. 28, Seiten 667–675. Elsevier Science, October 2004.
- [WH03] Scooter Willis und Sumi Helal. A Passive RFID Information Grid for Location and Proximity Sensing for the Blind User, 05.05.2003. Technical Report Number: TR04-009.