

Genauigkeits- und Leistungstest eines WLAN Indoor Positionierungssystems

Günther Retscher und Eva Moser

Zusammenfassung

In den letzten Jahren gewann die kontinuierliche Positionsbestimmung von Personen und Objekten mittels mobiler Geräte immer mehr an Bedeutung. Dabei wird GPS häufig für Anwendungen im Freien verwendet, für die Positionsbestimmung in Gebäuden wurden jedoch eigene Systeme entwickelt. Bei Nutzung von WLAN (Wireless Local Area Network) kann bereits zur Verfügung stehende kabellose Infrastruktur verwendet werden. Bei Positionierung mit WLAN werden in einer Offline-Phase (auch Kalibrierung genannt) die Signalstärkewerte ausgewählter Punkte im Messgebiet bestimmt und in einer Datenbank gespeichert. In der Online-Phase wird dann ein Vergleich mit den aktuell gemessenen Signalstärken durchgeführt und die aktuelle Position des Nutzers über ein Matching-Verfahren bestimmt (sog. Fingerprint-Verfahren). Für den Leistungstest eines WLAN-Positionierungsverfahrens wurden verschiedene Szenarien nachgestellt und die Wahrscheinlichkeiten berechnet, mit denen sich ein Nutzer innerhalb eines vordefinierten Gebietes befindet. Die wesentlichen Ergebnisse des Genauigkeits- und Leistungstests werden in diesem Beitrag beschrieben. In den Tests konnte gezeigt werden, dass die zu erwartende Positionierungsgenauigkeit von 1 bis 3 Metern meistens erreicht werden konnte.

Summary

The continuous position determination of persons and objects with mobile devices has become a growing interest in recent

years. Thereby GPS is widely used for outdoor applications, but for indoor environments, however, different systems have been developed. If WLAN (or WiFi) is employed for indoor location determination already established wireless infrastructure can be used. For positioning using WLAN the signal strength of selected points is measured in the offline phase (or so-called calibration) and stored in a database. Then in the online phase the current measured signal strength values can be compared with the values in the database to obtain the current location of the user using a matching approach (so-called fingerprinting). For the performance and accuracy test of a WLAN positioning system different scenarios were selected and the probability for the location of a position fix a predefined area was calculated. The main results of the performance tests are summarized in the paper. It could be shown that the expected positioning accuracy of 1 to 3 metre can be achieved in most cases.

1 Einleitung und Motivation

Fußgänger werden oft mit einer unbekanntem Umgebung konfrontiert, bei der sie ohne fremde Hilfe (Befragen von Anrainern, Benutzen einer Karte etc.) nur schwer oder gar nicht zu ihrem Ziel gelangen. Aus diesem Grund wird an Systemen gearbeitet, die es dem Benutzer ermögli-

chen sollen, ohne Probleme zu seinem Bestimmungsort zu gelangen. Besonders die Lokalisierung von Personen innerhalb von Gebäuden gewann in den letzten Jahren immer mehr an Bedeutung, da die Navigation in komplexen, großen Gebäuden, wie zum Beispiel in Flughäfen, ein aktuelles Problem darstellt. GPS-Positionierung wird für Ortungen im Freien angewendet. Innerhalb von Gebäuden ist entweder keine Positionierung mit GPS möglich oder ein wesentlich größerer Positionsfehler zu erwarten, der für eine Navigation von Personen als nicht ausreichend genau angesehen werden kann. So wurden Verfahren entwickelt, die GPS im Indoorbereich ersetzen und gute Genauigkeiten für die Lokalisierung liefern (siehe z. B. Retscher und Kistenich 2006). An der TU Wien wurde das Projekt NAVIO initiiert, das sich mit der Problematik der kontinuierlichen Positionierung von Fußgängern beschäftigt (Gartner et al. 2004). Verschiedene Sensoren zur 3-D-Positionierung sollen einen lückenlosen Übergang zwischen Indoor und Outdoor realisieren. Eine Lösung ist die Verbindung von verschiedenen Positionierungsmethoden zu einem gemeinsamen Multi-Sensor-System. Im Rahmen dieses Projektes und dieser Arbeit wird speziell auf die Indoor-Positionierungsmethode mittels WLAN eingegangen.

2 Grundlagen von WLAN und deren Einsatz in der Positionierung

WLAN (Wireless Local Area Network) sind drahtlose, lokale Funknetze, die in den letzten Jahren eine immer wichtigere Rolle bei Netzwerken spielen, da Computer bequem ohne Kabel miteinander »kommunizieren« können. Die drahtlosen Verbindungen sind preiswerter, da die durch Verkabelungen anfallenden zusätzlichen Kosten entfallen. WLAN ermöglicht zudem Internetzugang an öffentlichen Plätzen (sog. Hotspots), wie zum Beispiel in Universitäten, Hotels, Flughäfen und Bahnhöfen. Neben der Vernetzung und der Internetnutzung hat auch die Lokalisierung mit Hilfe von WLAN an Bedeutung gewonnen. So soll es unter anderem Personen lokalisieren und durch für sie unbekannte Gebäude navigieren. Außerdem kann WLAN bei Notfällen in Krankenhäusern die Suche nach Ärzten beschleunigen. Vielversprechend ist WLAN auch deshalb, weil man bei der Positionierung ohne zusätzliche Hardwarekomponenten auskommt und nur die benötigte Software installieren muss. Das System wird dadurch kostengünstig und attraktiv für den Nutzer.

WLAN basiert auf den IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers) 802.11 Standards und arbeitet mit Radiosignalen, die zu den elektromagnetischen Wellen gehören, und nutzt das ISM-Frequenzband zwischen 2,4 und 2,48 GHz. In den meisten europäischen Ländern stehen 13 Kanäle, in Japan 14, in den USA und Kanada nur 11 und in Frankreich sogar nur zwei Kanäle zur Verfü-

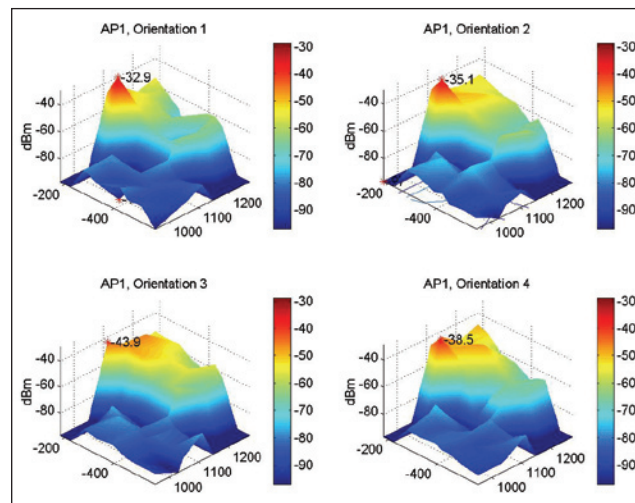


Abb. 1: Signalstärkemessungen zu einem Access Point (nach IMST GmbH 2005)

gung. Da die Frequenzbänder, die aneinander grenzen, sich stark überlappen, lassen sich maximal drei Bänder parallel und in der gleichen Funkzelle überlappend betreiben. Das Verschlüsselungsverfahren, mit dem WLAN arbeitet, nennt sich WEP (Wired Equivalent Privacy) und ist Teil der 802.11 WLAN-Standards. Es wird für die Verschlüsselung von Informationen und für die Authentifizierung der Stationen verwendet (Kral et al. 2003).

Die Ausbreitung und Fortpflanzung der Radiowellen von einem Punkt sollte in der Idealumgebung kugelförmig sein und bei der Positionierung sollte die Signalstärke des Radiosignals stabil sein. Insbesondere im Indoorbereich kann es jedoch zu einer Mehrwegausbreitung kommen, die unterschiedliche Gründe haben kann; z. B. die Zusammensetzung des Gebäudes (Beton, Stahl, Glas etc.), elektronische Geräte oder auch Personen, die sich in Gebäuden aufhalten, können zur Beeinträchtigung des WLAN-Signals führen. Dies kann zu größeren Schwankungen der Signalstärke führen. Bei Untersuchungen, die von Chey et al. (2004) durchgeführt wurden, wurde festgestellt, dass äußere Einflüsse eine Veränderung von 5 bis 10 dBm bewirken können. Diese lassen sich auf vorbeigehende Personen oder Einfluss von anderen Radiosignalen zurückführen. Auch konnte festgestellt werden, dass es während der Nacht nicht so große Schwankungen wie am Tag gab. Ferner wurde untersucht, wie stark das Radiosignal schwankt, wenn man Messungen in verschiedenen Richtungen durchführt. Wenn die messende Person mit dem Rücken zum Access Point stand, wurden bis zu 67% schlechtere Ergebnisse ermittelt. Es traten Unterschiede von 5 bis 10 dBm auf (Bahl et al. 2000). Auch die IMST GmbH führte zu diesem Zweck Messungen zu einem Access Point in vier verschiedenen Richtungen durch (s. Abb. 1). Es wird deutlich, dass es für jede Orientierung unterschiedliche maximale Signalstärken gibt. Den stärksten Wert erreicht die erste Orientierung mit $-32,9$ dBm, den schwächsten Wert die dritte Orientierung mit $-43,9$ dBm. Man kann daraus schließen, dass es sinnvoll ist, auf die Orientierungen zu achten.

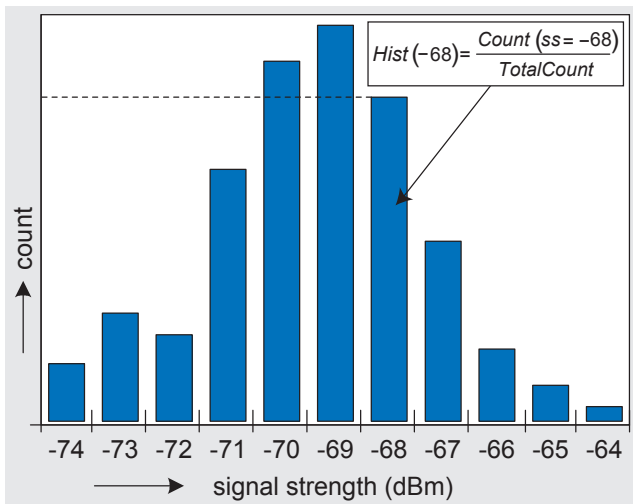


Abb. 2: Histogramm der gemessenen Signalstärkewerte eines Access Points (mit $ss =$ Signalstärke, Count = Anzahl der gemessenen Signalstärkewerte) (nach IMST GmbH 2005)

Die Positionierung mit WLAN wird mit Hilfe der Signalstärke durchgeführt, da keine Hardware aufgrund zu hoher Kosten die Signallaufzeitmessung unterstützt. Die einfachste Methode wäre die zellbasierte Positionierung, bei der die Koordinaten des Access Points mit der stärksten Signalstärke als Positionslösung für den Nutzer herangezogen werden. Bessere Genauigkeiten liefern jedoch die Signalmodellierungsmethode und das Fingerprint-Verfahren.

Die Signalmodellierungsmethode basiert darauf, dass die Radiowellen im Raum an Stärke verlieren. Die von den Access Points ausgesendeten Wellen werden durch Reflexionen, Beugungen und Streuungen beeinflusst und gelangen mittels Mehrwegausbreitung an den Empfänger. Das Ziel der Methode besteht darin, ein möglichst genaues Abbild der realen Ausbreitung der Wellen zu erzeugen, um die Signalstärke am Empfangsort abzuleiten. Je genauer die Realität nachempfunden werden kann, desto komplexer wird jedoch das Modell. Damit steigt aber auch die Genauigkeit des Positionierungsverfahrens. Jedoch werden im Allgemeinen nur die Wände modelliert und es wird auf eine Modellierung von Möbeln oder Computern verzichtet, da eine Signalmodellierung der gesamten Innenraumgeometrie zu aufwändig wäre. Um ein Modell zu erstellen, wird in der sog. Offline-Phase ein digitaler Plan mit den Koordinaten für die Access Points und den Wänden im Messgebiet verwendet. Daraus lassen sich die Distanzen von ausgewählten, meist im Messgebiet rasterförmig liegenden Punkten zu den Access Points und die Distanz zu den Wänden, die sich dazwischen befinden, berechnen. Diese Daten fließen dann in das Modell ein, mit dem sich die Signalstärke für jeden Punkt vorhersagen lässt. Die Werte werden schließlich in einer Datenbank mit den Koordinaten der Punkte gesammelt. In der Online-Phase werden die vom Gerät gemessenen Signalstärken mit denen in der Datenbank verglichen und der Eintrag mit der besten Übereinstimmung ausgewählt. Die

tatsächliche Position des Empfängers kann dann über ein Ausgleichsverfahren bestimmt werden. Der Vorteil dieser Methode liegt darin, dass die Datenbank schnell erstellt werden kann und die Integration weiterer Access Points einfach ist. Ein Nachteil jedoch ist, dass die Signalmodellierungsmethode ungenauer als die Fingerprintmethode ist.

Bei der Fingerprintmethode wird ebenso in einer Offline-Phase eine Datenbank erstellt. Diese wird jedoch nicht mittels eines mathematischen Modells erzeugt, sondern es werden an ausgewählten Punkten im Messgebiet Signalstärkeprofile gemessen. Dazu wird von jedem ausgewählten Punkt die Signalstärke zu allen Access Points, die das Gerät empfangen kann, gemessen. Dies erfolgt in vier Richtungen, die sich jeweils um 90° unterscheiden, da die Genauigkeit auch von der Richtung abhängt, in welcher die messende Person mit dem Gerät steht (vgl. Abb. 1). Die gemessenen Signalstärkewerte zu den Access Points werden in Form von Histogrammen in der Datenbank gespeichert (s. Abb. 2). Werden zum Beispiel 100 Signalstärkemessungen durchgeführt, so hat das Histogramm insgesamt auch 100 Werte (»Total Count« in Abb. 2). Je mehr Messungen durchgeführt werden, desto zuverlässiger werden die statistischen Aussagen des Histogramms. Für jeden Signalstärkewert wird die Wahrscheinlichkeit berechnet, mit der der Wert bei der Messung auftritt. Diese Histogrammbildung erfolgt für jeden sichtbaren Access Point und zusätzlich für jede der vier verwendeten Orientierungen. Abb. 2 zeigt die Häufigkeitsverteilung der Messungen der Signalstärke zu einem Access Point, wobei im Histogramm die Häufigkeit (sog. »Count«) der vorkommenden Signalstärken (»Signal strength ss «) gezählt wird. So ist in diesem Beispiel die Wahrscheinlichkeit größer, dass ein Signalstärkewert mit -69 dBm als mit -66 dBm auftritt. Zudem kann man aus dem Histogramm auf die Stabilität der Messung eines Access Points schließen. Ist das Histogramm mit mehreren Werten gleich verteilt, so unterliegt es größeren Schwankungen, als wenn das Histogramm nur zwei oder drei Signalpegelwerte besitzen würde. In der Online-Phase werden schließlich die aktuell gemessenen Signalstärken von einem oder mehreren Nutzern mit denen in der Datenbank verglichen und die wahrscheinlichste Position berechnet. Ein Server, der sich in einem Netzwerk mit den Access Points befindet und Zugriff auf die Datenbank hat, ist für die Berechnung der Position zuständig. Andererseits ist es auch möglich, die Position lokal am mobilen Endgerät zu bestimmen, wenn ein Zugriff auf die Datenbank besteht. Die Genauigkeit dieser Methode liegt je nach Anbieter im Bereich von 1 bis 3 m, was für die Lokalisierung eines Nutzers in einem Büro als ausreichend genau angesehen werden kann. Der Nachteil der Fingerprintmethode ist jedoch, dass es sehr arbeitsaufwändig sein kann, die Datenbank zu erstellen. Zudem muss bei jeder Änderung der Infrastruktur, wie bei der Hinzufügung oder Entfernung von Access Points, eine neue Kalibrierungsmessung für das ganze Einsatzgebiet durchgeführt werden.

3 Leistungstest der WLAN-Positionierungssoftware »ipos«

Im Rahmen einer Kooperation zwischen der IMST GmbH und dem Institut für Geodäsie und Geophysik der Technischen Universität Wien wurde die WLAN-Positionierungssoftware »ipos« auf ihre Genauigkeit für verschiedene Anwendungen getestet. Die Tests wurden im Gebäude der IMST GmbH in Kamp-Lintfort, Deutschland, im Sommer 2005 durchgeführt. Abb. 3 zeigt das Testgebiet, das sich im 1. Stock des Gebäudes der IMST GmbH befindet und eine Gesamtfläche von ca. 750 m² hat. In dem Gebiet befinden sich sieben verwendete Access Points, die über eine Fläche von ca. 1500 m² verteilt sind.

Für die Tests wurden unterschiedliche Szenarien gewählt, nämlich ein Museumsszenario (s. Abschnitt 3.1), ein Büroszenario (s. Abschnitt 3.2) und ein Navigationsszenario (s. Abschnitt 3.3). Das Museumsszenario und das Büroszenario unterscheiden sich hinsichtlich der Größe der verwendeten Testflächen. Beim Navigationsszenario bewegt sich der Nutzer durch das Testgebiet, welches aus zwei Gängen und einem Foyer besteht. Außerdem wurden für die Untersuchungen verschiedene Datenbanken verwendet, die sich hinsichtlich der Anzahl der verwendeten Kalibrierungspunkte unterscheiden. Es handelt sich dabei um Datenbanken, die alle ausgewählten Kalibrierungspunkte bzw. eine reduzierte Anzahl von Kalibrierungspunkten enthalten. Zusätzlich wurden Kalibrierungspunkte verwendet, die aus vorhergehenden Messungen der Firma IMST GmbH stammen (so genannte »alte Kalibrierungspunkte«). Zur Genauigkeitssteigerung wurden die bestimmten Positionslösungen teilweise durch gleitende Mittelwertbildung (»Sliding Window Average«) unter Einbeziehung zeitlich zurückliegender Positionslösungen berechnet.

3.1 Museumsszenario – Messungen auf kleinen Flächen

Teile der Gänge im Messgebiet wurden in rechteckige Flächen mit jeweils ca. 7 m² unterteilt, um ein Szenario nachzustellen, das zum Beispiel in Museen oder bei Messen auftritt. Dort ist eine Ortung auf kleinen Flächen erforderlich, wenn zum Beispiel der Nutzer von einem Gemälde bzw. Firmenstand zu einem anderen geht. Die Wahrscheinlichkeit, mit welcher sich der Anwender im definierten Bereich befand, sollte in den Tests bestimmt werden. Es wurden zwei verschiedene Datenbanken verwendet. Eine Datenbank beinhaltete Daten mit neu durchgeführten Kalibrierungsmessungen, die andere enthielt Kalibrierungsmessungen, die aus einer früheren Arbeit der Firma IMST

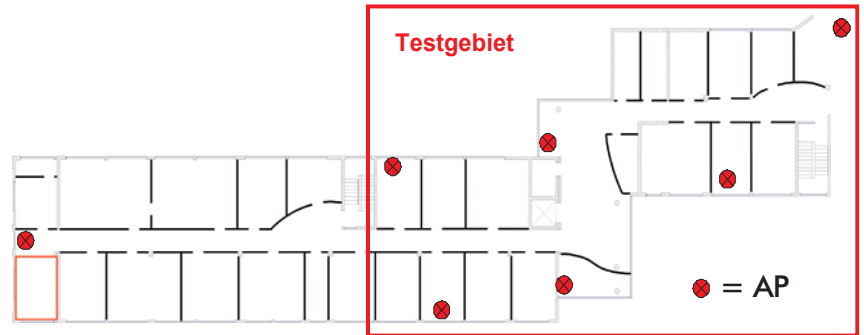


Abb. 3: Testgebiet der Firma IMST GmbH mit eingezeichneten Access Points (AP) (nach IMST GmbH 2005)

GmbH entstanden. Außerdem wurden Tests für einen stehenden und einen sich bewegenden Nutzer durchgeführt. Der stehende Nutzer befand sich genau in der Mitte des Messgebietes, der sich bewegende Nutzer ging beliebig durch das Gebiet. Abb. 4(a) zeigt die Messungen eines stehenden Nutzers in einem Testgebiet und Abb. 4(b) die

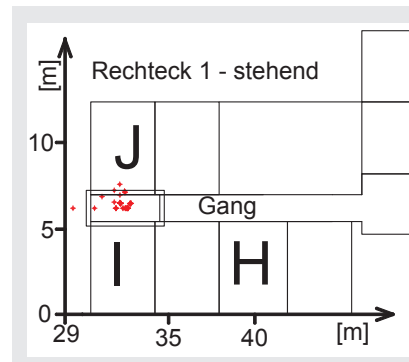


Abb. 4(a): Positionslösungen für einen stehenden Nutzer im Museumsszenario im Messbereich R1

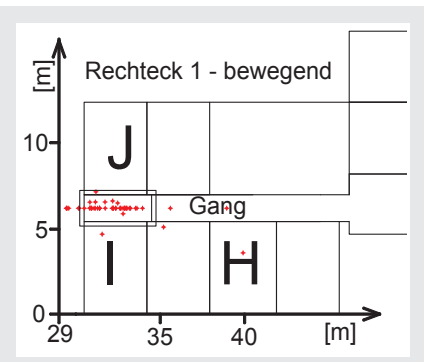


Abb. 4(b): Positionslösungen für einen sich bewegenden Nutzer im Museumsszenario im Messbereich R1

eines sich bewegenden Nutzers. Das kleine Rechteck zeigt das vordefinierte Gebiet. Um diese Zone wurde noch ein Toleranzgebiet gezogen, das der 1½-fachen Größe des Gebietes entspricht. Zur Orientierung wurden Teile des Gangs und der Büroräume in den Plan eingezeichnet. Der größte Teil der bestimmten Positionslösungen eines stehenden Nutzers lag im definierten Rechteck, nämlich 88%. Die restlichen Positionslösungen befanden sich zum Teil im Toleranzbereich (94% der Gesamtpunktezahl) oder in der Nähe davon. Beim Beispiel eines sich bewegenden Nutzers lagen mehr als die Hälfte aller Positionslösungen (75%) im vordefinierten Rechteck. Nur 16% der Punkte befanden sich außerhalb der Toleranzzone.

Abb. 5 enthält einen Vergleich von Messungen mit unterschiedlichen Datenbanken für fünf ausgewählte Messgebiete (R1 bis R5). Die Abbildung zeigt jeweils die Anzahl der Positionslösungen in Prozent innerhalb eines Gebietes. Beim Vergleich konnte keine eindeutige Tendenz festgestellt werden. Die Gebiete R1, R4 und R5 wiesen keine signifikanten Unterschiede für die Positionslösungen auf, wenn alte oder neu gemessene Kalibrierungspunkte verwendet werden. Deutliche Unterschiede sieht man jedoch für die Gebiete R2 (+69%) und

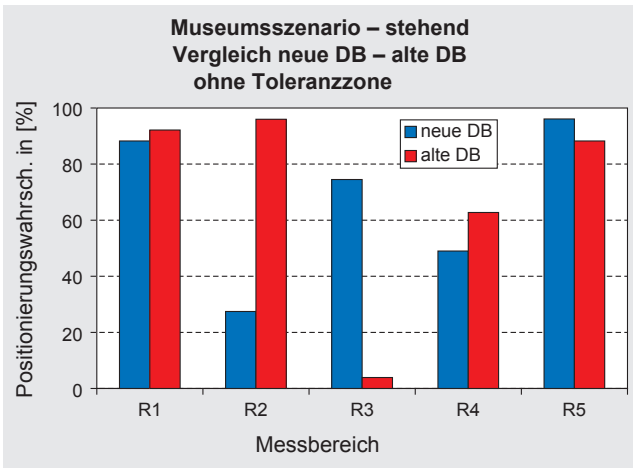


Abb. 5: Anzahl der Positionslösungen in % innerhalb des Gebietes mit einer alten und neuen Datenbank für einen stehenden Nutzer ohne Berücksichtigung einer Toleranzzone (»DB« = Datenbank)

R3 (-71%). Diese deutlichen Unterschiede innerhalb der Messbereiche R2 und R3 blieben auch nach Einbeziehung der Toleranzzone mit 1½-facher Fläche erhalten. Die geringen Unterschiede zwischen den Gebieten R1, R4 und R5 wurden durch Einbeziehung der Toleranzzonen entweder egalisiert oder sogar geringfügig umgekehrt.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass bei dem Vergleich zwischen einem stehenden und sich bewegenden Nutzer eine bessere Positionslösung für den stehenden Nutzer erzielt werden kann. Zudem wurden Messungen mit unterschiedlichen Datenbanken und Messungen mit und ohne Verwendung der gleitenden Mittelwertbildung miteinander verglichen. Hier konnte kein eindeutiger Trend festgestellt werden.

3.2 Büroszenario – Messungen in vordefinierten Räumen

Die Büroräume im Gebäude der IMST GmbH haben eine durchschnittliche Größe von ca. 25 m². Zusätzlich wurde das Foyer mit einer Größe von ca. 100 m² in drei Bereiche unterteilt, damit auch untersucht werden kann, ob ein Unterschied zwischen Räumen mit Wänden und großen Büroräumen (= Foyer), bei denen es nur eine virtuelle



Einteilung der Räume gibt, besteht. Das Foyer wurde in drei gleich große Gebiete (D, E, F) unterteilt (s. Abb. 6). Für die Messungen wurden Räume mit jeweils einem und zwei Kalibrierungspunkten verwendet. Zusätzlich wurde der Unterschied zwischen einem sich bewegenden und einem stehenden Nutzer untersucht. Alle Messungen wurden mit der Datenbank, die die neu bestimmten Kalibrierungspunkte beinhaltet, durchgeführt.

Abb. 7 zeigt die Positionslösungen für einen sich bewegenden Nutzer innerhalb des Raumes, wenn sich im Raum entweder ein Kalibrierungspunkt (Abb. 7 (a)) oder zwei Kalibrierungspunkte (Abb. 7 (b)) befinden. In beiden Varianten befanden sich die Mehrheit der Punkte (86% für zwei Kalibrierungspunkte bzw. 69% für einen Kalibrierungspunkt) innerhalb des Raumes. Bei Einbeziehung des Toleranzbereichs liegen 98% der Punkte bei zwei Kalibrierungspunkten und 82% bei einem Kalibrierungspunkt innerhalb des vordefinierten Gebietes.

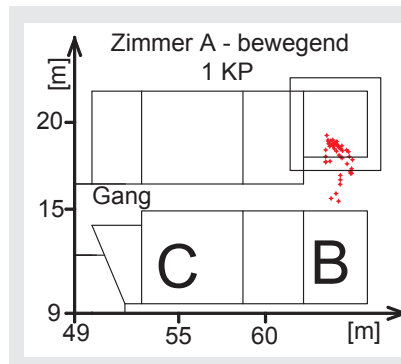


Abb. 7 (a): Positionslösungen für einen sich bewegenden Nutzer im Büroszenario mit einem Kalibrierungspunkt im Raum

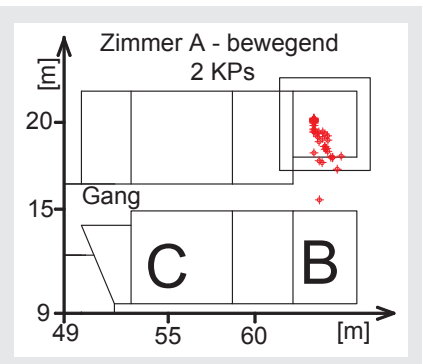


Abb. 7 (b): Positionslösungen für einen sich bewegenden Nutzer im Büroszenario mit zwei Kalibrierungspunkten im Raum

Abb. 8 enthält eine Zusammenstellung der Ergebnisse für alle ausgewählten Räume. Wie man erkennen kann, besaßen die Messungen mit zwei Kalibrierungspunkten die größere Wahrscheinlichkeit, dass sich die Punkte in den Räumlichkeiten befanden. Bei acht Büroräumen waren über 50% aller Punkte innerhalb des festgelegten Gebiets. Bei den Messungen mit einem Kalibrierungspunkt gab es bei fünf Räumen eine über 50%-ige Trefferquote. In den Zimmern B und C befanden sich weniger



Abb. 6: Messgebiet mit verwendeten Büroräumen A bis J

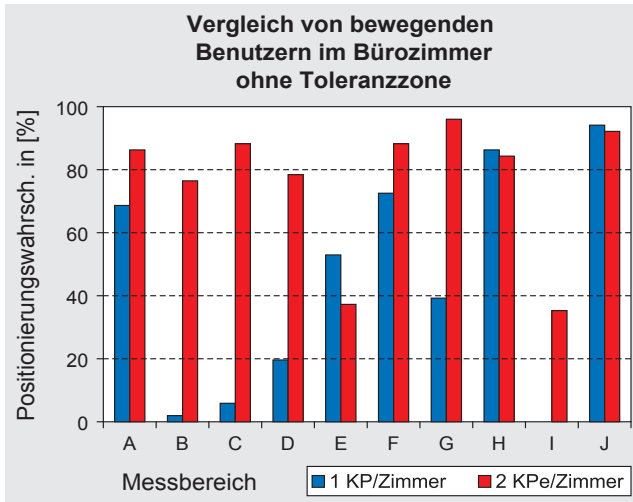


Abb. 8: Anzahl der Positionslösungen für einen sich bewegenden Nutzer in % mit einem bzw. zwei Kalibrierungspunkten pro Büroraum

Abb. 9 (a) zeigt die Positionslösungen entlang der gewählten Strecke. Für die Messungen wurde eine Datenbank mit der vollen Anzahl von Kalibrierungspunkten verwendet. Im Vergleich dazu wurden auch Messungen mit einer reduzierten Anzahl von Kalibrierungspunkten durchgeführt. Hier konnten keine wesentlichen Unterschiede festgestellt werden. Abb. 9 (b) zeigt die Positionslösungen, die durch gleitende Mittelwertbildung bestimmt wurden. Wie aus den beiden Abbildungen zu erkennen ist, ist der zurückgelegte Weg des Nutzers gut zu erkennen. Bei den gemittelten Messungen befanden sich ca. 43% der Punkte auf der definierten Strecke und fast 90% befanden sich innerhalb eines Meters von der Strecke entfernt. Die maximale Entfernung eines Punktes von der Strecke betrug ca. 2 m bei den gemittelten Messungen und 4 m, wenn keine Mittelwertbildung durchgeführt wurde.

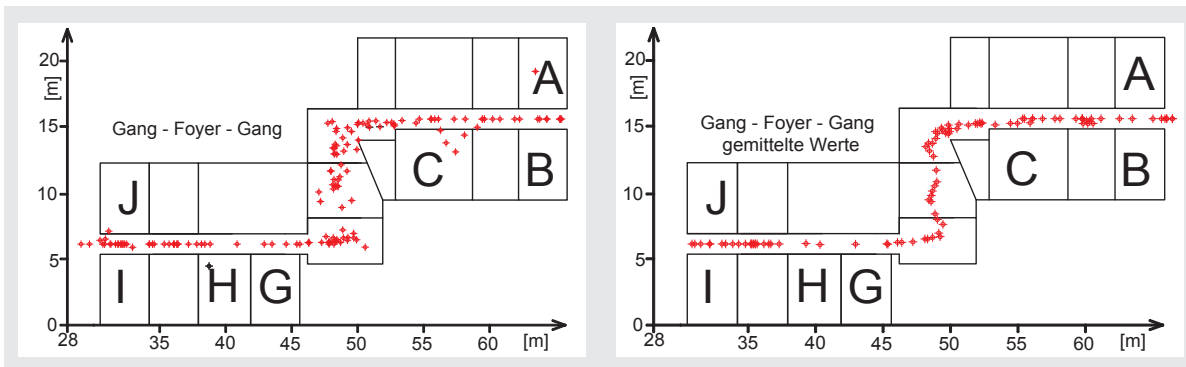


Abb. 9 (a): Positionslösung der gesamten Strecke unter Verwendung der vollen Anzahl von Kalibrierungspunkten

Abb. 9 (b): Positionslösung der gesamten Strecke mit gemittelten Punkten

als 10% der Punkte in den Gebieten, im Zimmer I lagen keine Punkte innerhalb des Gebiets. Wird zusätzlich eine Toleranzzone berücksichtigt, ergibt sich eine Verbesserung um durchschnittlich 25% bei den Messungen, wo sich ein Kalibrierungspunkt im Raum befindet. Liegen zwei Kalibrierungspunkte im Raum, beträgt die Verbesserung immerhin noch 13%. Darüber hinaus konnten keine Unterschiede zwischen den Büroräumen und virtuell festgelegten Räumen im Foyer (Gebiete D, E, F) festgestellt werden. Zusammenfassend kann empfohlen werden, dass jeweils mindestens zwei Kalibrierungspunkte in Räumen mit einer durchschnittlichen Größe von 25 m^2 in der Offline-Phase eingemessen werden sollen.

3.3 Navigationsszenario – Navigation eines Nutzers durch das Messgebiet

Eine weitere alltägliche Situation ist das Verlassen eines Bürozzimmers und Aufsuchen einer anderen Räumlichkeit. Für diesen Zweck wurde ein Szenario nachgestellt, in dem ein Nutzer durch einen Gang zu einem Foyer geht und sich dann wieder durch einen anderen Gang bewegt.

4 Zusammenfassung und Ausblick

Positionierungssysteme für den alltäglichen Gebrauch haben in den letzten Jahren immer mehr an Bedeutung gewonnen. So sollen Fußgänger nicht nur im Freien navigiert werden, sondern auch in Gebäuden bequem an ihr Ziel kommen. Jedoch gelangen die herkömmlichen Methoden wie zum Beispiel GPS im Indorbereich an ihre Grenzen. Deshalb wurden Systeme entwickelt, die auch innerhalb von Gebäuden die Nutzer positionieren und navigieren können. Die Verwendung von Radiosignalen für die Positionierung ist eine der häufigsten Methoden im Indorbereich. WLAN, UWB, RFID, Bluetooth und GSM zählen zu den bekanntesten Methoden, jedoch besitzen sie unterschiedliche Genauigkeiten (siehe Retscher und Kistenich 2006). Diese Arbeit beschreibt den Einsatz von WLAN für die Positionsbestimmung von Personen und Objekten in Gebäuden. Der Vorteil einer Positionierung mit WLAN ist, dass ein vorhandenes WLAN, wie es heutzutage in vielen öffentlichen Gebäuden verfügbar ist, genügt, um damit eine Positionierung zu realisieren. In einem Praxistest wurde das System »ipos« der IMST GmbH in einem Bürogebäude untersucht. Dabei wurden

verschiedene Szenarien nachgestellt. Einerseits handelte es sich dabei um die Lokalisierung von Personen in Büroräumen (sog. Büroszenario), andererseits wurde die Ortung auf kleinen Flächen untersucht, wie es zum Beispiel in Museen oder bei Messen notwendig sein kann (sog. Museumsszenario). Zudem wurde eine Navigation, bei der sich der Nutzer durch ein definiertes Messgebiet bewegt, untersucht. Es wurde anhand dieser Beispiele die Wahrscheinlichkeit, mit der sich ein Nutzer in den jeweiligen Gebieten befindet, ermittelt. Ferner wurde der Einfluss der Variation der Anzahl der Kalibrierungspunkte auf das Messergebnis untersucht. Zudem wurden Vergleiche mit alten Kalibrierungspunkten, die früher bestimmt wurden, durchgeführt. Bei den Vergleichen zwischen einem stehenden und einem sich bewegenden Nutzer wurde im Museumsszenario eine tendenziell verbesserte Ortung für den stehenden Nutzer festgestellt. Für die Lokalisierung in Büroräumen wurde festgestellt, dass bei Verwendung von zwei anstatt eines Kalibrierungspunkts die Genauigkeit, mit der ein Nutzer geortet wurde, deutlich erhöht war. Bei der Navigation eines Nutzers durch ein definiertes Gebiet konnte hingegen festgestellt werden, dass die Verwendung einer größeren Anzahl von Kalibrierungspunkten nicht unbedingt zu einer erhöhten Genauigkeit der Positionsbestimmung führen muss. Beim Vergleich der Standardmessungen mit den gemittelten Positionslösungen, die mittels gleitender Mittelwertbildung berechnet wurden, und Messungen mit den alten Kalibrierungspunkten konnte für alle drei Szenarien keine deutliche Verbesserung oder Verschlechterung der Positionierung festgestellt werden. Die von den Herstellern angegebene erreichbare Positionierungsgenauigkeit im Bereich weniger Meter konnte in den Tests in den meisten Fällen erreicht werden. Hinsichtlich einer Verbesserung der Positionierung in Gebäuden ist eine Integration von verschiedenen Methoden in der Zukunft geplant. So sollen UWB und RFID in Zukunft auch eine wichtige Rolle spielen. Speziell beim Einsatz von UWB ist eine erhebliche Genauigkeitssteigerung zu erwarten, da mit UWB Positionierungsgenauigkeiten im dm-Bereich erzielt werden können. Die IMST GmbH arbeitet derzeit an der Integration der UWB Positionierung in die Softwarelösung »ipos«. Weitere Untersuchungen dazu werden in nächster Zeit in einem Testgebiet an der TU Wien und bei IMST GmbH durchgeführt.

Dank

Die in dieser Arbeit präsentierte Studie wurde in Kooperation mit der IMST GmbH durchgeführt. Die Testmessungen erfolgten im Rahmen einer Diplomarbeit und wurden von IMST GmbH finanziell unterstützt.

Literatur

- Bahl P., V. Padmanabhan: Radar: An In-Building RF-based User Location and Tracking System. In: Proceedings of IEEE Infocom, Tel-Aviv, März 2000, S. 775-784, 2000.
- Chey J., J.G. Lee, G. Jee, W. Kim, J.G. Park: Indoor Positioning Using Wireless LAN Signal Strength of Reference Points. In: Papers presented at the International Symposium on GNSS/GPS, Sydney, 6-8 December, 2004, 9 S., 2004.
- Gartner G., A. Frank, G. Retscher: Pedestrian Navigation System in Mixed Indoor/Outdoor Environment - The NAVIO Project. In: Schrenk M. (Ed.): CORP 2004 and Geomultimedia04. Proceedings of the CORP 2004 and Geomultimedia04 Symposium, February 24-27, 2004, Vienna, Austria, S. 165-171, siehe http://corp.mmp.kosnet.com/CORP_CD_2004/archiv/papers/CORP2004_GARTNER_FRANK_RETSCHER.PDF (Letzter Zugriff: Juli 2006).
- IMST GmbH: Indoor Locating - Imst ipos, Project c21, Presentation, IMST GmbH, Carl-Friedrich-Gauß-Str. 2, D-47475 Kamp-Lintfort, Germany, siehe auch <http://www.centrum21.de/> (Letzter Zugriff: Juli 2006).
- Kral A., H. Krefl: Wireless LANS Networker's Guide. Markt und Technik Verlag, 322 S., 2003.
- Moser E.: Genauigkeits- und Leistungstest eines WLAN Indoor Positionierungssystems. Diplomarbeit, Institut für Geodäsie und Geophysik, Technische Universität Wien, 2006.
- Retscher G., M. Kistenich: Vergleich von Systemen zur Positionsbestimmung und Navigation in Gebäuden. Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement (zfv), 131. Jahrgang, Heft 1/2006, S. 25-35.
- Retscher G., E. Moser, D. Vredeveld, D. Heberling: Performance and Accuracy Test of the WLAN Positioning System ipos. In: Papers presented at the 3rd Workshop on Positioning, Navigation and Communication WPNC 2006, University of Hannover, Germany, March 16, 2006, Hannoversche Beiträge zur Nachrichtentechnik, Band 0.3, Shaker Verlag, S. 7-15, siehe <http://www.wpnc.net/years/wpnc06/programm06.htm> (Letzter Zugriff: Juli 2006).

Anschrift der Autoren

Ass.-Prof. Dr.-Ing. Günther Retscher | Eva Moser
 Institut für Geodäsie und Geophysik, Forschungsgruppe Ingenieur-geodäsie, Technische Universität Wien
 Gusshausstraße 27-29, 1040 Wien, Österreich
gretsch@pop.tuwien.ac.at | mosere@gmx.at