

Ortung drahtlos kommunizierender Endgeräte mit GRIPS/MagicMap

Peter Ibach¹, Florian Schreiner², Vladimir Stantchev¹, Holger Ziemek²

¹Institut für Informatik, Humboldt-Universität zu Berlin
Unter den Linden 6, 10099 Berlin
{ibach, vstantch}@informatik.hu-berlin.de

²Institut für Offene Kommunikationssysteme, Fraunhofer FOKUS
Kaiserin-Augusta-Allee 31, 10589 Berlin
{schreiner, ziemek}@fokus.fraunhofer.de

Zusammenfassung: Positionsbestimmung auf Basis der Commodity-Kommunikationstechnologien WLAN, Bluetooth und RFID erfreut sich zunehmender Beliebtheit, verfügbare Systeme erreichen bereits in vielen Fällen passable Genauigkeiten. Forschungsbedarf besteht aber noch im geeigneten Umgang mit Positionierungsambiguitäten, Umgebungsdynamik und Peer-to-Peer-Ortung. Der modulare Aufbau der bisher unabhängig entwickelten Systeme GRIPS (Fraunhofer FOKUS) und MagicMap (Humboldt-Universität) erlaubt es, dazu flexibel Erweiterung vorzunehmen und auszutesten. In einer Forschungskoooperation wurde die hybride Kombination mehrerer Funkstandards und Peer-to-Peer-Signalstärkeauswertung untersucht. Erste Messungen unter dynamischen Umgebungsbedingungen bestätigen erwartete Verbesserungen der Ortungsgenauigkeit gegenüber bisherigen Systemen und geben gleichzeitig Hinweise für weiteren Entwicklungsbedarf. Die Software steht als Open Source für Ergänzungen und Experimente zur freien Verfügung.

1 Einleitung

Der Markt ortsbasierter Dienste wird derzeit noch von Mobilfunkanbietern dominiert und ist durch geringe Ortungsgenauigkeit gekennzeichnet. Höhere Ortungsgenauigkeiten sind satellitengestützt möglich. Viele Anwendungsbeispiele [NGSV01, LFKR04] gehen aber von Indoor-Szenarien aus, etwa in Bürogebäuden, Museen, Lagerhäusern oder Shopping-Malls, in denen die Satellitensignale nicht oder nur schlecht empfangbar sind [ETZ05]. Dies führte zur Entwicklung von kostengünstigen Ortungslösungen für die Indoor-Positionsbestimmung basierend auf Kurzstrecken-Funkstandards wie WLAN [YAS03], Bluetooth [ABC+03, FKZL03] oder RFID [NLLP04, PGB04]. Mittlerweile sind mehrere Systeme aus Forschung und Wirtschaft verfügbar, die unter günstigen Infrastrukturbedingungen Ortungsgenauigkeiten von ca. 3m erreichen können.

Für den Einsatz auch unter problematischen Bedingungen (wechselnde Verfügbarkeit oder Position von Signalquellen sowie Störungen der Signalausbreitung durch Hindernisse) besteht allerdings noch Forschungsbedarf. In Umgebungen, in denen eine hohe

Dynamik der Funkfelder durch bewegliche Funkhindernisse (z.B. durch Fahrzeuge) zu erwarten ist – beispielsweise in der Logistik oder in der Verkehrsautomatisierung – bringt die bislang übliche Technik der statischen Vermessung der Signalausbreitung nur ungenügende Ortungsergebnisse. Eine dynamische Einmessung wird dann obligatorisch.

Die Idee, durch „Sniffer“ – mitlauschende Peer-Knoten die ihre Messungen weitergeben – die Veränderungen der Funkfelder in Echtzeit zu verfolgen und damit die Positionsschätzung zu verbessern, existiert zwar bereits im LEASE-System [Kr04], bislang fehlen aber Erkenntnisse über erreichbare Genauigkeit bei mobilen Peers. Es sind generell kaum Messungen aus der Praxis vorhanden. Zur Untersuchung dieser Problematik wurde das Open Source Ortungssystem MagicMap an der Humboldt-Universität zu Berlin entwickelt [IHS04]. Davon unabhängig entstand zur gleichen Zeit das System GRIPS (Generic Radio-based Indoor Positioning System) am Fraunhofer FOKUS in Berlin, das einen vergleichbaren Ansatz verfolgt [MSZ05a, MSZ05b]. Beide Systeme, deren gemeinsame Weiterentwicklung Bestandteil der Forschungs-Kooperation ist, wurden in verschiedenen Einsatzszenarien getestet und mit existierenden Verfahren verglichen. Bei nur leicht voneinander abweichenden Resultaten hinsichtlich der Positionierungsgenauigkeit, ergaben sich aus den Experimenten wünschenswerte Funktionen, die in bislang verfügbaren Systemen noch Probleme verursachen. In dieser Arbeit wird das integrierte Verfahren vorgestellt, mit dem eine hybride Kombination der verschiedenen Funkstandards zur Ortung plattformübergreifend und hardwareunabhängig erreicht wird.

2 Kombination drahtloser Commodity-Technologien in GRIPS/MagicMap

Zielsetzung von GRIPS/MagicMap ist es, sowohl vorhandene, heterogene Kommunikationsinfrastruktur zur Ortung zu nutzen, als auch in infrastrukturlosen Szenarien eine Positionsbestimmung zu ermöglichen. Dies soll durch die Kombination drahtloser Commodity-Technologien und Peer-to-Peer Signalstärkeauswertung erreicht werden. Wesentliche Kriterien bei der Auswahl des Verfahrens – neben der Güte der Positionsbestimmung – waren Einfachheit der Nutzung mit minimalem Aufwand bei Erstellung und kooperativem Update von Referenzmessungen, Plattformunabhängigkeit und Unterstützung unterschiedlicher mobiler Endgeräte mit möglicherweise sehr beschränkten Ressourcen, sowie volle Kontrolle der Peers über ihre Positionsdaten.

2.1 Das Verfahren

Jeder teilnehmende Peer-Knoten misst die Signalstärke der empfangbaren Knoten – Access Points oder andere Peers. Um stochastische Einflüsse auszugleichen, wird die empfangene Signalstärke RSS_{ij} (Received Signal Strength) für den Sender j beim Empfänger i als Mittelwert $\overline{RSS}_{i,j}$ über mehrere Messungen bestimmt.

Mit einer einfachen Näherung ergeben sich gute Schätzungen $\hat{\delta}_{i,j}$ der tatsächlichen (unbekannten) Distanz $\delta_{i,j}$ der Knoten i und j :

$$\hat{\delta}_{i,j} = \frac{\max RSS_i - \overline{RSS_{i,j}}}{P_j}$$

Durch $\max RSS_i$ (Empfindlichkeit des Empfängers i) und P_j (Leistung des Senders j) werden die über verschiedene Funktechnologien erfassten Signalstärke-Messdaten hardwareunabhängig normalisiert. Es entsteht so ein Graph mit (gerichteten) Kanten zwischen sendenden und Signalstärke messenden Knoten. Falls einem Knoten bereits eine Position zugeordnet ist, wird der Knoten in einer Karte fixiert. Nicht fixierte Knoten wandern nun schrittweise an ihre wahrscheinlichste Position. Jeder Peer-Knoten ermittelt dabei periodisch eine Positionskorrektur, so dass die Summe der quadrierten Abweichungen der Kantenlängen $\sum (\tilde{\delta}_{i,j} - \hat{\delta}_{i,j})^2$ minimal wird. $\tilde{\delta}_{i,j}$ bezeichnet die im Graphen dargestellte Kantenlänge. Nach kurzer Zeit konvergiert der Graph so zu einer weitgehenden Übereinstimmung mit den realen Positionen. Da einige Knoten des Graphen mobil sind, erfolgen ständig Peer-to-Peer-Updates der Signalstärkeinformationen sowie erneute schrittweise Optimierung. Durch Mapping dieser Abstände auf eine Karte sind grobe Ortungen bereits ohne Radio-Map möglich. Zusätzliche Referenzmessungen mit Position und Signalstärken können die Genauigkeit weiter erhöhen.

2.2 Kombination von WLAN, Bluetooth und RFID

Bei der Implementierung und Evaluierung eines ersten GRIPS-Prototypen zeigte sich, dass speziell die Kombination von verschiedenen Technologien die Genauigkeit der Positionsschätzung erheblich steigert. Während reine WLAN-Ortungssysteme, die in vielen Fällen eine zeitaufwendige Trainingsphase für die Erstellung von Radiosignalkarten der Umgebung benötigen, oft sehr anfällig für Nichtlinearitäten und unvorhersehbare (nicht aus der Trainingsphase des Systems ableitbare) Änderungen der Umgebungsparameter (z.B. Bewegung von metallischen Gegenständen oder Menschengruppen) sind, ließ sich zeigen, dass die Genauigkeit der berechneten Positionsdaten entscheidend gesteigert werden kann, indem an kritischen Stellen gezielt RFID-Transponder platziert werden, die in das Positionierungsverfahren eingebunden werden. Die Ausstattung von besonderen Punkten der Umgebung (Schwachstellen) mit RFID-Transpondern ermöglicht auf effiziente Weise eine deutliche Steigerung der Gesamtergebnisgüte [MSZ05b].

Daneben wurde der quantitative Effekt des dynamischen Peer-to-Peer-Abgleichs durch Messungen am Busbahnhof Potsdam überprüft (siehe Abbildung 1), wo umherfahrende Busse die Signalausbreitung stark beeinflussen. In einem 50x20m Testbereich montierten wir 8 Access Points und 4 Sniffer-Knoten für Referenzmessungen, und verglichen unser System MagicMap mit der Ortungslösung von Ekahau, für die wir eine statisch vermessene Signalstärkekarte anfertigten. Unter idealen Bedingungen mit einer ansonsten leeren Fläche wurde ein einfahrender Bus, in dem wir auf dem Armaturenbrett einen PDA anbrachten von Ekahau mit einer Genauigkeit von 3m geortet. MagicMap erreichte hier rund 4m Genauigkeit. Unter dynamischen Bedingungen, wenn mehrere Busse unvorhersehbar in dem Bereich umherfuhren, brach die Ortung bei Ekahau auf circa 8 Meter mittlerer Abweichung ein, MagicMap konnte durch den Peer-to-Peer-Abgleich der Signale mit den Sniffer-Knoten eine Positionierungsgenauigkeit von 5m aufrecht

erhalten. Eine zum Vergleich untersuchte A-GPS-Lösung erreichte in dem überdachten Bereich rund 15m Abweichung bei vielfachen Signalaussetzern, außerhalb der Überdachung waren es 7m.



Abbildung 1: Messungen im Busbahnhof Potsdam. Hier werden Ortungslösungen zur effizienten Parkraumplanung für die über Nacht abgestellten rund 120 Busse benötigt. Nur bestimmte Parkanordnungen erlauben die Ein-/Ausfahrt entsprechend der Fahrpläne. Satellitengestützte Positionsbestimmung ist wegen der Signalabschirmung durch die Überdachung ungeeignet.

Durch die Integration von GRIPS und MagicMap wird nun zum einen die Signalstärke mehrerer Funktechniken genutzt (siehe Abbildung 2) und zum anderen Peer-to-Peer Signalstärke einbezogen, wodurch Positionierungsambiguitäten und Signalstärkedynamik beherrschbar werden.

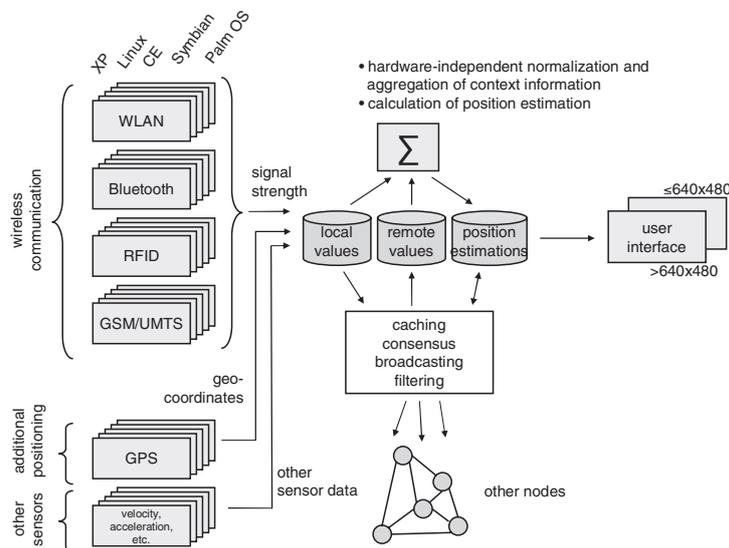


Abbildung 2: Architektur eines Knotens in GRIPS/MagicMap

3 Zusammenfassung und Ausblick

Das vorgestellte Konzept und die beschriebene Architektur erlauben es, unterschiedliche Kommunikationstechnologien zur Radiosignalstärke-basierten Ortung zu kombinieren. Damit wird die nahtlose Integration verbreiteter Wireless-Protokolle wie UMTS, GSM, WLAN, WiMax, Bluetooth, DECT, RFID oder bald ZigBee und UWB angestrebt. Vom Ansatz her sind damit sowohl Infrastruktur-basierte als auch Peer-to-Peer Ortungen realisierbar und für den Einsatz in Ad-hoc-Szenarien bzw. in infrastrukturlosen Umgebungen geeignet.

In einem ersten Versuchsaufbau erreichten wir unter dynamischen Bedingungen ca. 5 Meter Genauigkeit und damit eine Steigerung von 37,5% gegenüber dem statisch arbeitenden Referenzsystem von Ekahau, das unter diesen Bedingungen durchschnittlich 8m Abweichung verzeichnete. Weitere Verbesserung der Genauigkeit erhoffen wir uns durch Optimierung des Algorithmus. Ferner arbeiten wir derzeit an Ortung in 3D-Anordnungen wie etwa in mehrgeschossigen Gebäuden.

Literaturverzeichnis

- [ABC+03] Anastasi, G.; Bandelloni, R.; Conti, M.; Delmastro, F.; Gregori, E.; Mainetto, G.: Experimenting an Indoor Bluetooth-based Positioning Service. In proceedings of: International Conference on Distributed Computing Systems Workshops (ICDCS Workshops 2003), Rhode Island, May 2003.
- [FKZL03] Feldmann, S.; Kyamakya, K.; Zapater, A.; Lue, Z.: An indoor Bluetooth-based positioning system: concept, Implementation and experimental evaluation. ICWN'03, Las Vegas, USA, June 2003.
- [IHS04] Ibach, P. K.; Hübner, T.; Schweigert, M.: MagicMap – Kooperative Positionsbestimmung über WLAN, Chaos Communication Congress, Berlin, 27.-29. Dez., 2004. <http://www.informatik.hu-berlin.de/rok/MagicMap>
- [Kr04] Krishnan, P. et.al.: A System for LEASE: Location Estimation Assisted by Stationary Emitters for Indoor RF Wireless Networks, In IEEE Infocom 2004.
- [MSZ05a] Magedanz, T.; Schreiner, F.; Ziemek, H.: ORPS Omni Radio based Positioning System for indoor environments. Proceedings of the Eurescom summit, Heidelberg, 2005.
- [MSZ05b] Magedanz, T.; Schreiner, F.; Ziemek, H.: Generic radio based Indoor Positioning System. Proceedings of the 2nd Workshop on Positioning, Navigation and Communication (WPNC '05), Hannover, 2005.
- [NLLP04] Ni, L. M.; Liu, Y.; Lau, Y. C.; Patil A.: LANDMARC: Indoor Location Sensing Using Active RFID. ACM Wireless Networks, (WINET), Vol. 10, Issue 6, November 2004.
- [PGB04] Pflaum, A.; von der Grün, T.; Bernhard, J.: Verschmelzung von Lokalisierungs- und Identifikationstechnologien. Beitrag zum Aufbau einer technologischen Roadmap für die Weiterentwicklung der RFID-Technologie. RFID-Workshop St. Gallen, Sept.2004.
- [YAS03] Youssef, M.; Agrawala, A.; Shankar, U.: Wlan location determination via clustering and probability distributions. In IEEE PerCom 2003, March 2003.
- [ETZ05] Eissfeller, B.; Teuber, A.; Zucker, P.: Untersuchungen zum GPS-Satellitenempfang in Gebäuden. Allgemeine Vermessungs-Nachrichten, Ausgabe 4/2005.
- [NGSV01] Nicklas, D.; Großmann, M.; Schwarz, T.; Volz, S.; Mitschang, B.: A Model-Based, Open Architecture for Mobile, Spatially Aware Applications. SSTD 2001.
- [LFKR04] Lindner, T., Fritsch, L., Plank, K., Rannenber, K.: Exploitation of Public and Private WiFi Coverage for New Business Models. Proceedings of the 4th IFIP Conference on E-Commerce, E-Business, and E-Government (I3E), IFIP 18th World Congress, Toulouse, 2004.