

Ortungsinformation: Generierung, Modellierung und Nutzungsanwendungen

Kyandoghere Kyamakya und Dominik Mente, Universität Hannover



Prof. Dr.-Ing. Kyandoghere Kyamakya ist Juniorprofessor für ortungsbasierte Dienste an der Universität Hannover, am Institut für Allgemeine Nachrichtentechnik (IANT). Ortungssysteme und darauf aufbauende Dienste im Mobilfunk bilden u.a. seine Forschungsschwerpunkte.



Dominik Mente ist Mitarbeiter am Institut für Allgemeine Nachrichtentechnik (IANT) an der Universität Hannover. Seine Arbeitsschwerpunkte sind Kommunikationsnetze und Location Based Services.

Nach einer langen Entwicklungszeit besitzen Ortungssysteme eine beachtliche Genauigkeit. Viele neuartige Anwendungen und Dienste sind nun möglich. Ortungsbasierte Dienste (Location Based Services, LBS) sind ein sehr aktuelles Thema. Wie aber lassen sich die neuen Möglichkeiten effektiv einsetzen? In diesem Beitrag werden die dafür notwendigen Grundlagen des Ortungsprozesses und des Systemdesigns vorgestellt. Anhand von praktischen Beispielen wird der Mehrwert, den die Ortungsinformation bietet, verdeutlicht.

„Wo bin ich?“ und „Was ist mein Ziel?“ sind nicht nur zwei Kernfragen der Philosophie. Schon immer wollte der Homo sapiens wissen, wo er im Leben steht und wohin es ihn führt. Er wollte sich orientieren, wollte seine Umwelt in Augenschein nehmen, um die Informationen zu bekommen, die er zum überleben braucht. Ist ein Ziel, das ein Mensch erreichen will, ein räumliches Ziel, so benötigt er eine Führung. Kennt der Mensch seine Umgebung, innerhalb dessen sich sein Ziel befindet, muss diese Führung nicht so ausgeprägt sein, wie die Führung zu einem Ziel, das sich in völlig unbekannter Umgebung befindet.

Die Führung wird durch die Navigation ermöglicht, die mit der Ortung zwangsläufig verbunden ist. Dies ist als Grundbedürfnis des Menschen anzusehen. Um dieses Grundbedürfnis zu befriedigen, wurden die benutzten Orientierungshilfen im Laufe der Zeit immer weiter perfektioniert. Aber nicht nur Menschen brauchen Orientierung, auch Maschinen (z.B. Roboter). Beim Menschen läuft die Ortung meist automatisch ab, das Gehirn wurde von klein auf mit dem Problem der Ortung und Navigation konfrontiert und hat unterbe-

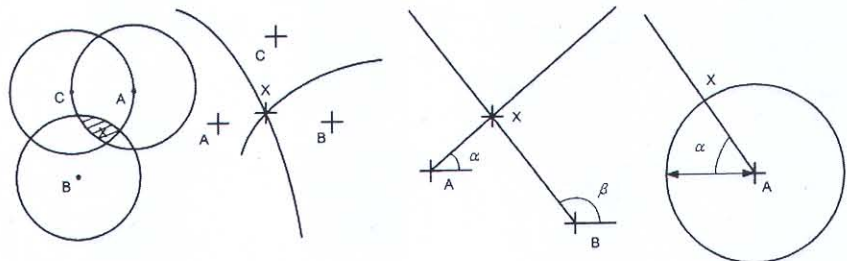
wusst ablaufende Denkweisen entwickelt, die einen Weg ohne externe Hilfe bewältigen. Maschinen können weder lernen, noch besitzen sie so ausgeklügelte Sensoren wie der Mensch. Deshalb ist eine gute Ortungslösung für Maschinen so wichtig.

Erste Ansätze von Navigation lassen sich bis 1500 v.Chr. zurückverfolgen. Damals wurde eine Form der Navigation erfunden, die sich an Sternen orientierte. Mit dem Aufblühen des Handels über Seewege im 14. Jahrhundert wurde die Ortung und Navigation überlebenswichtig, und entwickelte sich bis heute zu komplexen Ortungslösungen wie etwa GPS (Global Positioning System). Über lange Zeit war die Seefahrt der Motor der Entwicklung und Weiterentwicklung von Navigationsverfahren. Dieser Schwerpunkt hat sich dennoch im Laufe der Geschichte nach und nach auf die militärische Bedeutung verlagert.

Generierung

Die Grundlage für eine erfolgreiche Ortung sind Referenzen, also bekannte Bezugspunkte. Diese können entweder Naturgegebenheiten sein, oder sie wer-

Bild 1: Absolute Entfernungen, Entfernungsdifferenz, zwei Winkel, Winkel und Entfernung (v.l.n.r.).



Kontakt:

Universität Hannover
Institut für Allgemeine Nachrichtentechnik (IANT)
Appelstraße 9
D-30167 Hannover
Tel.: 0511 / 762-2814
Fax: 0511 / 762-3030

den künstlich erschaffen. Die Referenzen dienen dann als Ausgangspunkt für die Lagebestimmung. In den meisten Ortungssystemen werden mehrere Referenzen benötigt, um eine genaue Lagebestimmung durchführen zu können. Die Gewinnung der Ortungsinformation lässt sich über zwei verschiedene Methoden realisieren. Zum einen die Ortung mithilfe von Wellen und zum anderen mithilfe der so genannten Inertialortung.

Systeme, die Wellen (elektromagnetische oder akustische) zur Bestimmung der Position nutzen, sind in großer Vielfalt zu finden.

Allen Methoden ist gleich, dass durch Messen einer proportionalen physikalischen Größe, eine Aussage über eine Entfernung gemacht werden kann. Benötigt werden Entfernungen oder Winkel zu mehreren Bezugspunkten, um eine Ortsangabe mittels einfacher Geometrie machen zu können. Je nachdem ob absolute Entfernungen zu Referenzen, Differenzen von Entfernungen oder Winkel zu zwei Referenzen oder Winkel und absolute Entfernung messtechnisch erfasst werden, ergeben sich unterschiedliche Geometrien (Bild 1).

Die Inertialortung basiert auf Beschleunigungsmessungen und/oder Erfassung von Richtungsänderungen, aus denen sich die zurückgelegte Bahn reproduzieren lässt. Sie arbeiten im Unterschied zu wellenbasierten Lösungen meist autonom. Das heißt, sie benötigen keine zusätzliche Infrastruktur außerhalb des zu ortenden Objekts. Um auf den aktuellen Aufenthaltspunkt zu kommen, ist jedoch ein bekannter Ausgangspunkt nötig. Zu unterscheiden sind optische und mechanische Inertialsysteme. Kreisel und Kompass werden zu den Inertialsystemen gezählt.

Die bei wellenbasierten Systemen verwendeten physikalischen Größen sind Laufzeit, Winkel, Phase und Signalstärke. Die Laufzeit ist die Zeit, die ein Signal benötigt, um eine Strecke zurückzulegen. Aus der Laufzeit lässt sich über einen einfachen mathematisch Zusammenhang auf die zurückgelegte Entfernung des Signals schließen, weil sich die Wellen in einem Medium immer mit einer bestimmten Geschwindigkeit fortbewegen.

Aus den Signalstärken lässt sich, ähnlich dem Laufzeitverfahren, über eine mathematische Näherungsfunktion auf die Entfernung zu einer Referenz schließen. In Korrelation mit der Entfernung einer Welle von einem Sender sinkt die Signalstärke. Dieser Zusammenhang lässt sich formelmäßig erfassen, mit dessen Hilfe aus der Signaldämpfung eine Entfernungsangabe gemacht werden kann.

Der Winkel ist der Einfallswinkel, mit dem ein Signal empfangen wird. Um den Einfallswinkel zu messen, wird eine geeignete Antennenarchitektur benötigt. Zwei oder mehr Winkel ergeben, bildlich gesehen, mehrere Geraden, in deren Schnittpunkt sich das zu ortende Objekt befindet (Bild 1).

Bedingt durch die räumliche Ausbreitung des Signals entsteht eine Verschiebung der zeitlichen Lage im Vergleich zur ursprünglichen Welle. Diese Verschiebung ist proportional zur Entfernung und wird Phaseverschiebung genannt.

Die Inertialsysteme verfolgen einen komplett anderen Ansatz, der Beschleunigungen und/oder Änderungen der Richtung erfasst. Ein Beispiel für ein Inertialsystem ist ein Kreiselssystem. Ein Ortungsprozess mithilfe von Inertialsystemen benötigt immer einen bekannten

Referenzpunkt, von dem aus die Messungen erfolgen. Von Beginn an werden die Beschleunigungen in allen drei räumlichen Dimensionen gemessen. Durch zweifache Integration der Messwerte kann dann auf die zurückgelegte Bahn und mit dem Wissen des Ausgangspunkts auf die aktuelle Position geschlossen werden. Daher werden sie auch integrierende Systeme genannt.

Charakteristika von Ortungssystemen

Wie lässt sich die Performance eines Ortungssystems bewerten? Benötigt werden Kriterien oder Metriken, die einen direkten Vergleich von Ortungssystemen zulassen, auch wenn die Systeme verschiedene Ansätze der Ortung verfolgen.

Das wichtigste Kriterium ist die Genauigkeit der Ortung. Diese wird durch den Ortungsfehler angegeben, der in systematische und zufällige Fehler unterschieden werden kann. Systematische Fehler lassen sich im Gegensatz zu zufälligen Fehlern zahlenmäßig erfassen und aus dem Ortungsergebnis herausrechnen. In die Fehlerangabe fließen somit nur die zufälligen Fehler ein, die nach den Gesetzen der Wahrscheinlichkeit zu erfassen sind. Das Ergebnis einer Ortung ist daher eine Angabe des Aufenthaltsorts des georteten Objekts, die mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit behaftet ist.

Als ein weiteres Kriterium ist die so genannte Time-to-Fix (TTF) zu erwähnen. Die TTF gibt die Zeit, die ein Ortungssystem benötigt, nach Anfrage einer Ortung, um die Ortung zu ermitteln und diese dem Nutzer als Ergebnis zur Verfügung zu stellen. In vielen Anwendungen ist dieser Wert sehr wichtig,

Tabelle 1: Eigenschaften und Leistungsmerkmale von Ortungssystemen.

Ortungssystem	Inertialsystem		Satellitenbasierte Ortung	Auf terrestrische Funksendern basierte Ortung	
Beispielsystem	Kreisel (optisch)	Kreisel (mechanisch)	GPS	Mobilfunkortung	Radar
Referenzen	Startpunkt	Startpunkt	Satelliten	Basisstationen	Funkstation auf der Erde
Abdeckung	je Anwendung	je Anwendung	weltweit	entspricht in etwa der Abdeckung	1-1000 Km Radius
Aufwand	gering	gering	hoch	mittel	niedrig
Genauigkeit	0,1-100 Grad/Std	100-10000 Grad/Std.	> 15 m	> 100 m	> 50 m
TTF	Kontinuierlich	Kontinuierlich	10 Sekunden	5 Sekunden	10 Sekunden
Messmethode	-	-	Laufzeit	Laufzeit	Winkel und Laufzeit

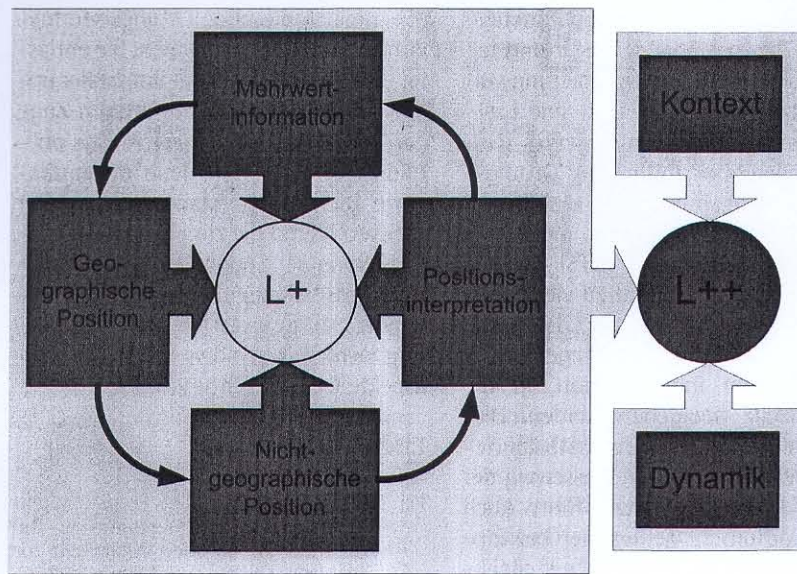


Bild 2: Das Location+ (L+)-Modell und seine Erweiterung Location++ (L++).

wenn diese Anwendungen, wie beispielsweise die Navigation einer Rakete, zeitkritisch sind.

Der Aufwand eines Ortungssystems ist ein weiteres Kriterium. Der Aufwand bezieht sich auf das gesamte Ortungssystem, also die Referenzen des Systems, die benötigte Bandbreite und der Rechenaufwand, Installation und Betrieb. Der Aufwand wird durch Kosten pro Ortung ausgedrückt.

Als räumliche Abdeckung wird ein Gebiet bezeichnet, in dem eine Ortung mit einer aus der Sicht der Anwendung genügenden Genauigkeit durchgeführt werden kann. Inertialsysteme haben eine mit der Zeit und Entfernung sinkende Genauigkeit. Die Anforderungen der Anwendung legen die Genauigkeit fest, dadurch ergibt sich mit Rücksicht auf die Entwicklung des Fehlers eine entsprechende räumliche und zeitliche Abdeckung.

Ein letztes Leistungsmerkmal eines Ortungssystems ist deren Zuverlässigkeit. Dies bezieht sich auf die Fähigkeit, jederzeit und allerorts, die Ortungsinformation liefern zu können (Tabelle 1).

Die vielen verschiedenen Ortungssysteme haben diverse Vor- und Nachteile. Die Anwendungen erfordern meist ein ganzes Bündel streng definierter Leistungsanforderungen, die kaum ein einziges Ortungssystem zu endlichen Preisen bereitstellen kann. Daher ist es meist

wirtschaftlicher, verschiedene Systeme zu kombinieren, als ein bestehendes zu verbessern. So können die positiven Eigenschaften der einzelnen Ortungssysteme überlagert werden. Durch diese Synergieeffekte ist üblicherweise eine erhebliche Steigerung der Leistung und der Zuverlässigkeit erreichbar. Eine weitere Verbesserung der Leistung und Zuverlässigkeit basiert auf einer mathematischen Involvierung einer statistischen Betrachtung aller vorherigen Messungen und dem Wissen um die Dynamik des zu ortenden Objekts. Dieser Ansatz trägt die Fachbezeichnung Kalman-Filter.

Modellierung

Für den Erfolg eines Ortungssystems ist gutes Systemdesign ein wichtiger Punkt. Das ist der Grund, warum es für alle ortungsbasierten Dienste existenziell ist, die Ortungsmodelle dem Anwendungszweck entsprechend zu wählen.

Dafür ist es wichtig, die Art des Verständnisses eines Menschen von der einer Maschine zu differenzieren.

Die Herausforderung besteht unter anderem in der Schnittstelle Mensch-Maschine. Dieses Interface muss einfach und verständlich sein, wenn die Geräte in den Alltag Einzug halten sollen. Die Ausgabemöglichkeiten sind bei mobilen

Geräten üblicherweise eng begrenzt, weshalb die Gestaltung der Aus- und Eingabe besondere Aufmerksamkeit verdient.

Modelle

Sein Verständnis für Ortungsinformationen basiert auf einem Modell, das sich an klassischen Karten anlehnt. Dieses Modell, auch geografisches Modell genannt, bezieht sich auf geografische Objekte (Referenzen), bei denen es sich um Länder, Städte oder ähnliches handeln kann. Diese Darstellung kommt durch hierarchische Zusammenhänge zwischen den Objekten dem Verständnis des Menschen sehr entgegen.

Im Laufe der Zeit hat der Mensch für seine Zwecke geeignete Koordinatensysteme eingeführt. Diese sind wichtig, weil sie eine gemeinsame und vor allem weltweite Datengrundlage bieten. Ein Beispiel dafür ist die Darstellung mithilfe von Längen- und Breitengrad. Aus der Problematik der Krümmung der Erde, die eine naturgetreue Projektion auf eine Fläche unmöglich machen, wurden regionale Koordinatensysteme geschaffen. Ein Beispiel sind die Gauß-Krüger-Koordinaten im deutschsprachigen Raum.

Eine zweite Modellgruppe sind abstrakte Modelle. Diese beschreiben Orte durch Volumen oder Flächen (geometrisches Modell) durch abstrakte Symbole (symbolisches Modell) oder durch ein daraus kombiniertes Modell. Diese Modelle sind besonders zur Datenverarbeitung durch Maschinen geeignet.

Um die Beschränkungen der einzelnen Modelle aufzuheben, werden Modelle entwickelt (Beispiel L++ [1], Bild 2), die universeller arbeiten. Sie sollen nicht-geografische Informationen integrieren und die Behandlung von geografischen Informationen verbessern [2]. Interessant ist dabei vor allem die Möglichkeit der Einbindung des Kontexts in das Ortungsmodell. So können Objekte mit Kontextinformationen angereichert oder ein Nutzerkontext eingeführt werden. Damit ließen sich universell Nutzer- oder Objektcharakteristika in die Anwendungen mit einbinden. Eine Berücksichtigung der Dynamik wird ebenfalls Mehrwertinformationen, wie Öff-

nungszeiten, bieten, die das Modell universell machen.

Entfernung und Sicherheit

In der Modellierung ist die Entfernung die wichtigste Angabe. Sie ermöglicht Abfragen wie: „Wo ist die nächste Tankstelle?“. Die Entfernung ist eng mit der Nähe zu bestimmten Objekten verflochten. Dabei ist die Nähe ihrerseits eng mit der Privatsphäre verbunden. Meist impliziert ein Ort mehr Informationen über den Nutzer, der sich dort aufhält, als für den eigentlichen Zweck notwendig sind. Es kann eine Verbindung zwischen Aufenthaltsort und Zweck des Aufenthalts hergestellt werden. Eine Ortungsinformation überträgt somit mehr Information als nur die Position [3]. Für den Schutz der Privatsphäre ist noch viel Entwicklungsarbeit bezüglich geeigneter Konzepte zu leisten. Denn nur, wenn der Anwender dem Ortungsdienst trauen kann, wird der Nutzer den Dienst auch wahrnehmen. Es ist die Aufgabe der Modellierung, für größtmögliche Sicherheit zu sorgen. Die Genauigkeit muss immer dem Anwendungszweck angepasst sein. Auch muss der Nutzer die Kontrolle über seine Daten haben, und eine Ortung darf nur mit Einverständnis des Nutzers ausgelöst werden.

Nutzungsanwendungen

Navigation ist ein klassisches Beispiel für die Nutzung der Ortungsinformation. Die immer weiter fortschreitende Technik verbessert die Genauigkeit der Systeme in Maßen, die bis vor kurzem kaum vorstellbar war. Die Navigationssysteme werden inzwischen in etlichen Fahrzeugen eingebaut. So wurde die Navigation in Flugzeugen vor kurzem auf GPS [4] umgestellt. Durch die verbesserte Genauigkeit konnten die Sicherheitspuffer der Luftfahrtstraßen verkleinert werden. Mithilfe eines verbesserten GPS werden bald automatische Landungen möglich sein, was die Flugsicherheit verbessern wird und eine größere Verkehrsdichte ermöglicht. Daran ist zu erkennen, dass die Ortungsinformation immer auch einen Mehrwert darstellt.

Auch ein Blick auf die Mobilfunknetze kann dies bestätigen. Die Ortungsinformation wird für die Optimierung von Funknetzen eingesetzt. Dort sind Lastbalancierung und intelligente Gesprächsübergaben mittels der Ortungsinformation realisiert. Das Mobilfunknetz ist in Zellen aufgeteilt, die jeweils durch eine Basisstation (BTS) versorgt werden. Ist eine Zelle mit zu vielen eingebuchten Handys belastet, die Nachbarzelle aber leer, können einige Handys abhängig von ihrer Position, in die Nachbarzelle übergeben werden. Dies resultiert in eine bessere Lastbalancierung, welche zu einer Verbesserung der Gesamtleistung des Netzes führt. Auch Bewegungsprofile helfen hier bei Einsparungen. Fährt ein Mobilfunkteilnehmer zum Beispiel telefonierend auf der Autobahn, so sind viele Übergaben des Gesprächs zu der jeweils nächsten Zelle nötig. Die Übergabe in eine andere Zelle ist einer der aufwändigsten und schwierigsten Prozesse im Mobilfunknetz. Aufgrund der durch die Ortung erfassten Bewegung können die für das Handy günstigste nächste Zelle abgeschätzt und dadurch der Übergabevorgang besser beherrschbar gemacht werden. Untersuchungen in realen Systemen zeigen, dass dieser Ansatz zu einer signifikanten Verbesserung der Zuverlässigkeit des Vorgangs führt.

In neueren Formen von Mobilfunknetzen, Ad-hoc-Netze genannt, sorgt die Einbeziehung der Ortungsinformation für eine Optimierung der Adressierung von Knoten und des Routing-Prozesses. Ad-hoc-Netze sind Zusammenschlüsse mobiler Funkstationen, die ohne externe Infrastruktur spontan via Funk miteinander kommunizieren. Forschungsergebnisse belegen [5], dass das ortungsbasierte Routing besser abschneidet als alle anderen Ansätze, die die Position nicht berücksichtigen.

Maschinen in der Produktion und sogar in der Landwirtschaft profitieren ebenfalls von der Ortungsinformation.

Fazit

Die Ortungsinformation bietet sowohl Endnutzer als auch Dienstanbieter einen echten Mehrwert und hilft somit, Kosten zu sparen. Sie eröffnet neue Auf-

gabenfelder, die ohne Ortungsinformation kaum realisierbar wären. Sie entlastet den Nutzer und bietet ihm bisher unerreichten Komfort. Besonders im Zuge der UMTS-Netze mit ihren „Always on“-Endgeräten könnten neue ortungsbasierte Dienste den Markt erobern. Der Preisverfall und die zunehmende Miniaturisierung der Endgeräte werden ebenfalls dazu beitragen. Doch müssen, sollen die ortungsbasierten Dienste ein Erfolg werden, besonders die Sicherheitsaspekte mehr Beachtung finden.

Literatur

- [1] Gessler, S., Jesse, K.: LBS Provisioning in 3G Networks. In: Proceedings of the Workshop on Location Modelling for Ubiquitous Computing. Atlanta 2001, S. 49-54
- [2] Leonhardt, U.: Supporting Location-Awareness in Open Distributed Systems. London 1998.
- [3] Hauser, C., Leonhardt, A., Kühn, P.J.: Sicherheitsaspekte in NEXUS - einer Plattform für ortsbezogene Anwendungen. In: Informationstechnik und Technische Informatik (it+ti) 44 (2002) 5, S. 268-277.
- [4] N.N.: GPS-Info: <http://www.kowoma.de/gps/>, Abrufdatum: 27.07.2003.
- [5] Ko, Y.-B., Vaidya, N.H.: Location Aided Routing (LAR) in Mobile Ad hoc Networks. Technical Report 98-012, Dallas 1998.

Schlüsselwörter:

Ortsbestimmung, ortungsbasierte Dienste, Ortungsinformationsmodelle, Navigation

Positioning Information: Generation, Modelling and Applications

After many years of development, positioning systems have reached a high level of accuracy and complexity. Many new applications and services are now possible. Location Based Services are one of the new buzzwords. But how can these new opportunities be used effectively? This article will show the basics of the localisation and system design. Finally, some examples point out the added value position information provides.

Keywords:

positioning, location based services, position information models, navigation