

Location Based Services

Peter Wackersreuther, Stefan Derowski

Hauptseminar „Dienste & Infrastrukturen mobiler Systeme“

Wintersemester 03/04

Institut für Informatik

Ludwig Maximilians Universität München

wackersr@informatik.uni-muenchen.de, derowski@onlinehome.de

Zusammenfassung. Die Fortschritte in der Positionsbestimmung von Mobilien Endgeräten im Freien sowie in Gebäuden und die mittlerweile hohe Verfügbarkeit dieser Geräte in der Bevölkerung machen ortsbezogene Dienste möglich und sinnvoll.

Durch die Miniaturisierung im High Tech Bereich bei steigender Rechenleistung wird diese Entwicklung unterstützt. Die Wirtschaft sieht im Bereich dieser so genannten Location Based Services die „Killer Applications“ der nächsten Jahre.

Diese Arbeit erklärt was Location Based Services sind und wie die nötigen Positionsdaten gewonnen und verarbeitet werden. Es wird diskutiert wie Geo-Informationen-Systeme (GIS) ortsbezogene Dienste unterstützen und ergänzen. Später werden dann aktuelle Anwendungen und viel versprechende Zukunftsperspektiven vorgestellt.

1. Einleitung – „Context Awareness“ und „Location Awareness“

Um zu verstehen was Location Based Services eigentlich genau sind, müssen wir erst einmal die Begriffe „Context Awareness“ und „Location Awareness“ definieren und von einander abgrenzen.

Definition: Die Informationen die die Situation und den Zustand einer Entität beschreiben stellen ihren Kontext dar. Eine Entität kann ein Objekt, (sei es Soft oder Hardware), ein Ort oder eine Person sein, welche für den Anwender oder die Anwendung relevant ist. Auch Anwender und Anwendung sind Entitäten. Ein Service ist „Context Aware“ wenn er eine Teilmenge dieser Informationen beziehen und verarbeiten kann.

Definition: Von „Location Awareness“ spricht, man wenn ein Dienst wenigstens den Standort, die Person und die aktuelle Zeit kennt. Ist ein Dienst „Location Aware“ und nutzt diese Informationen so spricht man von einem „Location Based Service“.

LBS sind also eine Untermenge der Context Aware Services.

2. Warum ist die „Location“ von so großer Bedeutung?

Durch die weite Verbreitung von Mobiltelefonen, PDA's und ähnlichen Geräten ist es heute fast überall möglich, innerhalb kürzester Zeit Informationen zu nahezu jedem beliebigen Problem oder Thema zu bekommen. Bedeutend schwieriger ist es oftmals, die in der jeweiligen Situation passenden Auskünfte aus der angebotenen Informationsflut herauszufiltern. Diese „*Situation*“ hängt oftmals unmittelbar mit dem Ort zusammen, an dem man sich gerade befindet.

Wenn man beispielsweise einen Geldautomaten sucht, interessiert man sich in der Regel nicht für die Standorte aller Geldautomaten in Deutschland, sondern wahrscheinlich nur für die Standorte der Geräte in der unmittelbaren Umgebung. Besonders hilfreich ist es dann, wenn man neben der Adresse auch noch eine Wegbeschreibung erhält, wie man am schnellsten von der aktuellen Position dorthin gelangt.

Allgemein hat unsere Umgebung, also der aktuelle Aufenthaltsort, einen sehr großen Einfluß darauf, wie wir unseren Alltag gestalten. Die Organisation unseres Tagesablaufes richtet sich zwangsweise nach den in unserem Umfeld gegebenen Möglichkeiten. Anwendungen und Dienste für Handys und andere mobile technische Geräte gewinnen daher enorm an Wert, wenn sie die aktuelle Position berücksichtigen und dementsprechend angepaßte Ergebnisse liefern. (Quelle [9])

3. Anwendungsbereiche von Location Based Services

Die „Location Awareness“ allein ist in den meisten Fällen zwar noch wenig hilfreich, die geographischen Daten bilden aber die Grundlage für eine Vielzahl von durchaus nützlichen Anwendungen. Denn durch die Auswertung und Aufbereitung dieser Positionsdaten, unter Verwendung sogenannter Geo-Informationssysteme (GIS), welche später noch genauer erklärt werden, entsteht eine wertvolle neue Informationsquelle, die es den Betreibern ermöglicht, Dienste anzubieten, die speziell an den momentanen Standort der Kunden angepaßt sind.

Diese LBS können den Nutzern von mobilen Endgeräten verschiedenster Art mehr Komfort bieten, und versprechen den Betreibern dadurch eine bessere Auslastung ihrer Netze und somit höhere Einnahmen. Im Folgenden werden nun die unterschiedlichen Anwendungsbereiche von LBS genauer beschrieben.

Das klassische Beispiel für LBS sind Satellitennavigationssysteme für Fahrzeuge. Hier gibt der Benutzer seinen aktuellen Standort (wird eventuell auch schon durch GPS - Global Positioning System - bestimmt), sowie das gewünschte Ziel ein.

Ein Routenplaner ermittelt dann den kürzesten Weg. Ein GPS bestimmt fortwährend die Position des Fahrzeuges, welche vom System ausgewertet wird. Es gibt dann die entsprechenden Wegeinformationen an den Fahrer weiter (meistens über Sprachausgabe). Auf dem Display des Navigationssystems wird im Allgemeinen die aktuelle Umgebung zusammen mit der momentanen Position auf der Karte dargestellt.

Häufig werden weitere Informationen wie zum Beispiel die Geschwindigkeit mit der

sich das Auto fortbewegt und die Lenkradstellung in die Berechnungen einbezogen, um die Genauigkeit zu erhöhen. Will man noch weitere Parameter, wie Höhenunterschiede, Straßenqualität und Baustellen in die Navigation einbeziehen, so muss man zusätzlich noch Geoinformationssysteme an das Navigationssystem anbinden. Diese liefern dann wesentlich genauere und häufig auch aktuellere Daten als normale Karten.

3.1 Unterscheidung zwischen Pull und Push Diensten

Zunächst kann man die LBS grob in zwei Kategorien einteilen:

Die erste große Gruppe bilden alle Dienste, bei denen der Nutzer zu einem bestimmten Zeitpunkt aktiv einen Service anfordert. Diese Dienste, denen direkt eine Aktion des Anwenders vorausgehen muß, werden „**reaktive Dienste**“ oder „**PULL Dienste**“ genannt. Dabei können sowohl der Aufenthaltsort des Nutzers, als auch die Positionsdaten eines mobilen Endgerätes an einem anderen Ort dazu verwendet werden, ortsspezifische Ergebnisse zu generieren.

Die zweite Gruppe der LBS sind die sogenannten „**proaktiven Dienste**“ oder auch „**PUSH-Dienste**“. In diesem Fall wird der Service nicht unmittelbar vom Benutzer aktiv angefordert, sondern von einem Provider oder dem Endgerät mehr oder weniger automatisch ausgeführt. Dabei werden die angebotenen Informationen immer nur dann an die für den jeweiligen Dienst angemeldeten Teilnehmer gesendet, wenn die Position des registrierten Endgerätes darauf schließen läßt, daß diese Informationen momentan von Interesse für den Nutzer sein könnten.

Definition: Wird ein Dienst durch den Anwender aufgerufen so spricht man von einem „reaktiven Dienst“. Solche Dienste heißen auch Pull-Services.

Definition: Einen Dienst der ausgelöst wird, ohne dass eine zeitnahe Interaktion mit dem Anwender vorliegt, nennt man einen „proaktiven Dienst“. Solche Dienste heißen auch Push-Services.

Das beste Beispiel für einen Pull Service ist wohl das WWW, wo durch Eingeben einer WWW-Adresse in einen Browser eine Homepage aufgerufen und angezeigt wird.

Ein Beispiel für einen Push Service wäre der Erhalt eines Newsletters per E-Mail, oder das automatische Menuangebot nahe gelegener Restaurants zur Mittagszeit auf dem Bildschirm eines PDA.

Da Push Diensten keine Benutzerinteraktion vorausgeht, benötigen sie oft mehr als die drei Basisinformationen (Ort, Zeit, Person), um sinnvoll funktionieren zu können. So wäre ein Geschäftsmann der einen Zwischenstop an einem Flughafen für mehrere Stunden hat wahrscheinlich an einem gastronomischen Plan des Flughafens interessiert, während einer, dessen Umsteigezeit 20 Minuten beträgt nur den kürzesten Weg zum nächsten Gate wissen will.

3.2 Typische LBS-Problemstellungen für PULL - Dienste: (Quelle [10],[11])

- **Abfragen der eigenen Position:**

„*Wo bin ich?*“

Dies ist die einfachste Art eines LBS. Die Ausgabe kann beispielsweise in Form von Koordinaten, als Adresse oder als markierte Stelle in einer Landkarte auf dem Bildschirm eines Endgerätes erfolgen.

- **Suchen eines bestimmten Objektes in der Umgebung:**

„*Wo ist der nächste Geldautomat, die nächste geöffnete Tankstelle, die nächste Apotheke mit Nachtdienst, ... ?*“

Bereits an diesen Beispielen wird klar, daß neben der Position des Nutzers und der Uhrzeit noch einige weitere Informationen notwendig sind, wie etwa die Uhrzeit, sowie eine Datenbank, die neben der Position der interessanten Objekte auch noch weitere Merkmale wie zum Beispiel die zugehörigen Öffnungszeiten zur Verfügung stellt.

In Deutschland wird ein solcher Service unter dem Namen F-I-N-D (Kurzwahlnummer 3-4-6-3) von T-Info, einer Tochterfirma der deutschen Telekom angeboten.

- **Bestimmen einer Route vom aktuellen Standpunkt zu einem Objekt:**

„*Was ist der kürzeste Weg zur nächsten U-Bahn, welches ist die beste Strecke zum Urlaubsziel, ohne auf größerer Verkehrsbehinderungen zu stoßen, ... ?*“

Service dieser Art sind im Internet schon seit längerer Zeit verfügbar. Diese Internetdienste haben aber meist den Nachteil, daß der Nutzer seine aktuelle Position kennen und selbst eingeben muß. Die modernen LBS für mobile Endgeräte bieten hingegen den Komfort, die Positionsdaten automatisch bestimmen zu können.

Zudem bekommen diese Service auch noch dadurch eine größere Bedeutung, daß es mit mobilen Endgeräten möglich ist, die Position nicht nur einmalig anzugeben, sondern fortlaufend zu bestimmen und das Ergebnis unter Berücksichtigung der Bewegung ständig zu aktualisieren.

- **Lokalisieren eines mobilen Endgerätes an einem anderen Ort:**

„*Wo ist mein Handy, mein Auto, mein Geschäftspartner, ... ?*“

Zu dieser Gruppe gehören die meisten der derzeit in großem Ausmaß verwendeten LBS. Die bekanntesten Beispiele sind „Find Friends“ von AT&T und „E-911“ in den USA, sowie die „Homezone“ und der „Handy Finder“ von O₂ in Deutschland. Auf „E-911“ wird am Ende dieser Arbeit noch ausführlicher eingegangen.

Da in diesen Fällen der Benutzer und die lokalisierte Person nicht zwingend übereinstimmen, sind besondere Sicherheits- und Datenschutzaspekte zu beachten.

Künftig könnten solche Systeme auch vermehrt dazu eingesetzt werden, den Aufenthaltsort von Häftlingen während eines Freiganges sowie von kleinen Kindern oder geistig verwirrten älteren Menschen zu bestimmen oder die Position der Fahrzeuge eines Firmen-Fuhrparkes zu ermitteln.

- **Abrufen von Informationen zur aktuellen Umgebung:**

„*Welche Sehenswürdigkeiten/Einkaufsmöglichkeiten/... befinden sich in der*

unmittelbaren Umgebung?

Solche Dienste kommen bisher hauptsächlich in geschlossenen Gebäuden oder räumlich eng begrenzten Gebieten zum Einsatz. Sie werden beispielsweise in Museen eingesetzt, um Besuchern über Kopfhörer gezielt eine Beschreibungen des Ausstellungsstückes anbieten zu können das sie gerade betrachten.

Eine besondere Schwierigkeit beim Erstellen dieser Systeme ist, daß nicht nur die absolute oder relative Position, sondern noch weitere Daten, wie beispielsweise die räumliche Ausrichtung, eine entscheidende Rolle spielen können.

Ein Beispiel einer großflächigen Anwendung aus diesem Bereich ist das Projekt Lol@ in Wien, das als zweites Beispiel am Schluß dieser Arbeit genauer erläutert wird.

- **Erfassen von Verteilungen, Dichten und Bewegungsmustern:**

„Welchen Weg durch das Einkaufszentrum wählen die meisten Kunden? Wo droht ein Verehrsstau zu entstehen? ... „

Wird kontinuierlich die Position einer größeren Anzahl von Geräten abgerufen und kollektiv ausgewertet, können damit Verteilungen, Dichten und Bewegungsmuster erfaßt werden.

Diese Daten können unter anderem bei der Planung von Straßen und Parkplätzen, neuen Geschäften, Mobilfunkzellen und anderen logistischen Einrichtungen nützlich sein, oder für Verkehrsstau-Frühwarnsysteme verwendet werden.

3.3 Typische LBS-Problemstellungen für PUSH - Dienste: (Quelle [10],[11])

Typische Beispiele für Push-Dienste sind Verkehrswarndienste, lokale Wetterinformationen, sowie zielgerichtete Werbung. Auch viele der unter Pull-Dienste bereits genannten Beispiele könnten ebenso als Push-Dienste, oder in Kombination beider Formen umgesetzt werden.

- **Benachrichtigung beim Betreten vorher definierter Zonen oder beim Annähern an bestimmte Objekte:**

Ist man auf der Suche nach einem bestimmten Produkt, könnte ein solcher Dienst einen dabei unterstützen, indem man per SMS benachrichtigt wird, wenn man sich einem Geschäft nähert, das dieses Produkt führt.

Im Straßenverkehr wäre in Zukunft ein System denkbar, daß automatisch erkennt, wenn man in einen Bereich mit Geschwindigkeitsbegrenzung kommt. Wird die maximal zulässige Geschwindigkeit überschritten, könnte dann ein Warnsignal den Fahrzeugführer darauf aufmerksam machen.

- Ein bekanntes, bereits entwickeltes Beispiel ist das in Deutschland geplante Mautsystem „Tollkollekt“. An den Problemen, die bisher die Einführung dieses Systems verhindert haben, wird erkennbar, daß für derartige Systeme eine sehr hohe Genauigkeit der Positionsdaten notwendig ist, was bisher noch nicht mit

einem akzeptablen Maß an Aufwand möglich ist. Dies schränkt die Einsatzmöglichkeiten von LBS zur Zeit noch sehr ein.

- **Informationen über interessante Objekte in der momentanen Umgebung:**

Für elektronische Museen- und Stadtführer, wie das bereits erwähnte Projekt Lol@, ist es unter Umständen ebenfalls nützlich, wenn man nicht für jedes Ausstellungsstück oder jede Sehenswürdigkeit explizit Informationen anfordern muß, sondern automatisch die entsprechenden Informationen bekommt, sobald man sich dem Objekt nähert.

- **Hinweise auf Veranstaltungen und aktuelle Ereignisse in der Umgebung:**

LBS könnten dem registrierten Nutzer bei Verwendung von ständig aktualisierten GIS nicht nur dauerhafte Informationen über statische Objekte liefern, sondern ihn auch über dynamische Situationen und temporale Ereignisse in seiner Umgebung informieren.

Im Straßenverkehr könnten damit Stauwarnungen und Meldungen über Falschfahrer und andere Behinderungen, sowie lokale Unwetterwarnungen gezielt an die Teilnehmer gesendet werden, die sich in der betroffenen Region befinden oder sich dieser nähern. In Freizeitparks wäre ein System denkbar, das Besuchern ständig Hinweise auf die in Kürze beginnenden Veranstaltungen gibt.

- **Warnungen beim Verlassen bestimmter Zonen oder beim Abweichen von vorgegebenen Reiserouten:**

LBS können nicht nur dafür eingesetzt werden, wie oben beschrieben Kinder, ältere Menschen oder Häftlinge zu orten, wenn diese vermisst werden, sondern dauerhaft deren Wege automatisch zu kontrollieren, und die zuständigen Betreuungspersonen zu alarmieren, falls diese sich zu weit von der Wohnug, dem Altenheim oder der Justizvollzugsanstalt entfernen, oder falls Sie von Ihren normalen Routen, wie etwa dem Schulweg abweichen.

Bei der Winter-Olympiade im Jahr 2002 in Salt Lake City, Utah USA, wurde erstmals ein solches LBS großflächig eingesetzt, um die Sicherheit der Rund 3500 Beteiligten und 80000 täglichen Besuchern zu erhöhen und die Reaktionszeit in Notfällen zu senken. Dazu wurden alle Rettungsmittel, Shuttlebusse und öffentliche Fahrzeuge mit einem „automatic vehicle location“ System (AVL) der Firma CompassCom Inc. Ausgestattet. Damit kann die Position jedes einzelnen Fahrzeuges ständig kontrolliert werden (siehe Bild 1), und falls ein Fahrzeug von der vorgegebenen Route abweicht oder ohne bekannten Grund längere Zeit an der selben Stelle steht sofort ein Alarm ausgelöst werden. Weiter kann sofort ermittelt werden, welches Rettungsmittel sich am nächsten bei dem vermuteten Zwischenfall befindet, um eine schnellstmögliche Hilfe zu gewährleisten. Der Bundesstaat Utah plant die Ausweitung dieses Systems auf alle Rettungsorganisationen und öffentliche Verkehrsmittel. (Quelle [12])

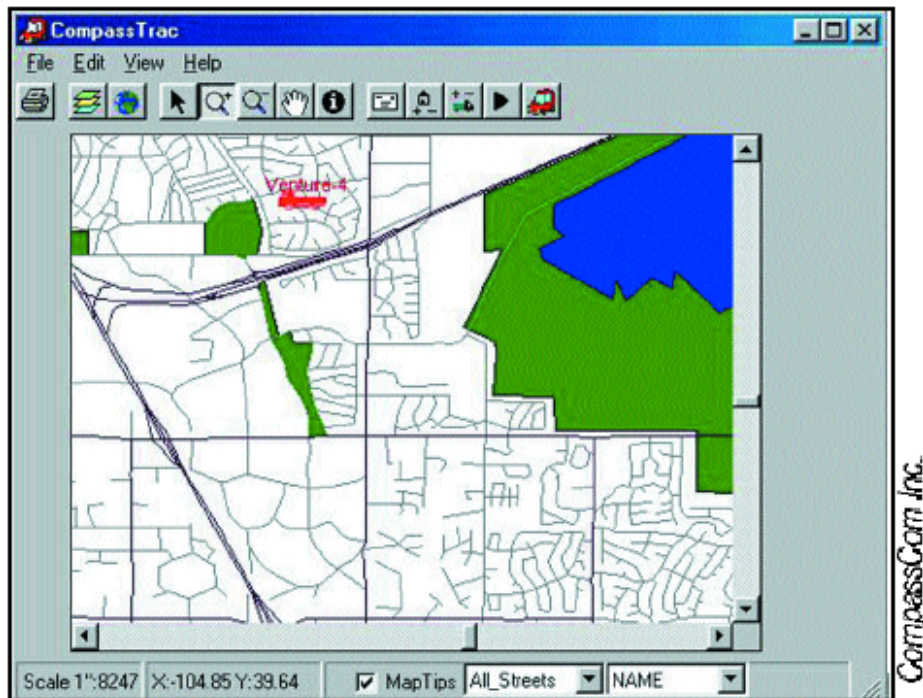


Bild 1 (Quelle [12])

- Werbung für Produkte, die in der näheren Umgebung angeboten werden:**
 In großen Einkaufszentren gibt es bereits Systeme, die dem Kunden auf einem Display am Einkaufswagen den Weg zu dem Regal weisen, in dem sich ein gesuchtes Produkt befindet. Diese Systeme könnten durch PUSH-Dienste derart erweitert werden, daß auf dem Display Werbung zu Produkten erscheint, an denen der Kunde momentan vorbeiläuft.
 Bei personalisierten Endgeräten wäre es auch denkbar, daß diese Werbung gezielt nur für die Produkte erfolgt, die zu einem zuvor erfassten Interessenprofil passen. Dabei müssen die Endgeräte nicht unbedingt Besitz des einzelnen Kunden sein, die Personalisierung könnte zum Beispiel auch durch Einführen einer persönlichen Kundenkarte in das Gerät am Einkaufswagen erfolgen.
- Meldungen über bekannte Personen in einem gewissen Umkreis**
 Auch Friend-Finder Systeme können nicht nur derart eingesetzt werden, daß eine ausgewählte Person geortet wird, sondern ständig die Personen beobachtet werden, die sich innerhalb eines frei wählbaren Radius um den Nutzer aufhalten. Betritt eine Person aus der ausgewählten Liste der für den Nutzer interessanten Teilnehmer diesen Radius, wird dieser darüber informiert und kann beispielsweise ein Treffen vereinbaren.

Besonders in Regionen, in denen sich sehr viele Menschen gleichzeitig aufhalten, kann dies eine große Hilfe sein, Bekannte oder Geschäftspartner nicht zu verfehlen.

Ebenso kann ein solches System auch umgekehrt dazu eingesetzt werden, um Personen, die man nicht unbedingt treffen möchte, aus dem Weg zu gehen.

Voraussetzung ist natürlich in beiden Fällen, daß alle beteiligten Personen ein mobiles Endgerät mit sich führen, das im selben System arbeitet und daß dieses auch aktiviert ist.

Die obige Aufzählung verschiedener Anwendungsszenarien stellt selbstverständlich keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Bereits mit den heute zur Verfügung stehenden technischen Mitteln sind noch eine Vielzahl weiterer Anwendungsbereiche von LBS denkbar.

Außerdem wird in Zukunft die Genauigkeit der Positionsbestimmung durch die rasant fortschreitende Weiterentwicklung der verwendeten Ortungsverfahren noch deutlich steigen. Gleichzeitig werden vermutlich die Investitions und Betriebskosten für die notwendige Hard- und Software der Dienste sinken, wodurch noch mehr Einsatzmöglichkeiten für LBS entstehen.

3.4 Besondere Schwierigkeiten bei der Umsetzung von Push-Diensten:

Da es bei Push-Diensten im Gegensatz zu Pull-Diensten nicht ausreicht, einmalig die Position des Nutzer zu bestimmen, sondern diese kontinuierlich aktualisiert und ausgewertet werden muß, ist der Aufwand für Push-Dienste erheblich höher.

Zum einen wird die Luftschnittstelle bedeutend häufiger belastet, zum anderen fällt eine viel größere Datenmenge an, die verwaltet werden muß. Dies macht die Anwendungen komplexer und ihre Realisierung schwieriger. Push-Dienste sind daher eher für geschlossene Gebäude oder räumlich eng abgegrenzte Gebiete geeignet als für den weitflächigen Einsatz.

Außerdem besteht bei allen Push-Diensten eine erhöhte Gefahr von Mißbrauch, da der Nutzer nicht ausdrücklich eine Lokalisierung oder eine Information anfordert. Jeder Teilnehmer muß daher Kenntnis darüber haben, daß seine Position erfasst und ausgewertet wird, sowie daß diese möglicherweise an Dritte weitergegeben wird, und er muß damit einverstanden sein. Erlaubt der Teilnehmer die Weitergabe seiner Position an bestimmte Personen, muß durch geeignete Authentifizierungs- und Verschlüsselungsverfahren sichergestellt werden, daß nur die autorisierten Personengruppen diese Information erhalten.

Ebenso ist eine Technik notwendig, mittels der ein Nutzer die Identität des Absenders einer Information überprüfen kann. Die dafür verwendeten Verfahren sind aber nicht Thema dieser Arbeit.

4. Geoinformationssysteme

4.1 Definition, Einordnung, Abgrenzung

Informationssysteme, die die Verarbeitung und Bereitstellung von raumbezogenen Daten, z.B. zu Relief und Infrastruktur, übernehmen heißen Geoinformationssysteme (GIS). Aus der Vielzahl der Definitionen greifen wir die von Lothar (2003) heraus, da sie nicht nur sehr ausführlich ist, sondern auch den fachübergreifenden Bezug herausstellt.

Definition: Ein GIS ist ein Computer gestütztes Instrument in Gesellschaft, Politik, Verwaltung, Recht und Wirtschaft für die Dokumentation, Planung und Entscheidungsfindung bei Sachverhalten, die auf Grund und Boden – den Raum – bezogen sind.

Es besteht aus:

- einer geographischen Datenbank, in deren Datenbasen die Modelle raumbedeutsamer Strukturen einer bestimmten Region dokumentiert sind.

- Verfahren und Methoden, mit denen die Modelldaten erfasst, aktualisiert, präsentiert, assoziiert und analysiert werden können.

-Schnittstellen für die Integration und die Kommunikation mit anderen EDV-Systemen.

Die Basis bildet ein einheitliches räumliches Bezugssystem, das die eindeutige geographische Zuordnung und fachübergreifende Verknüpfung der Raum bezogenen Daten ermöglicht.

Zentrales Merkmal ist die Verwendung eines Systems um Geometriedaten aus verschiedenen Fachbereichen zu erfassen und zu verarbeiten. Die Verknüpfung dieser raumbezogenen Daten macht den eigentlichen Mehrwert eines GIS gegenüber eines normalen Datenbanksystems oder eines Kartographiesystems aus.

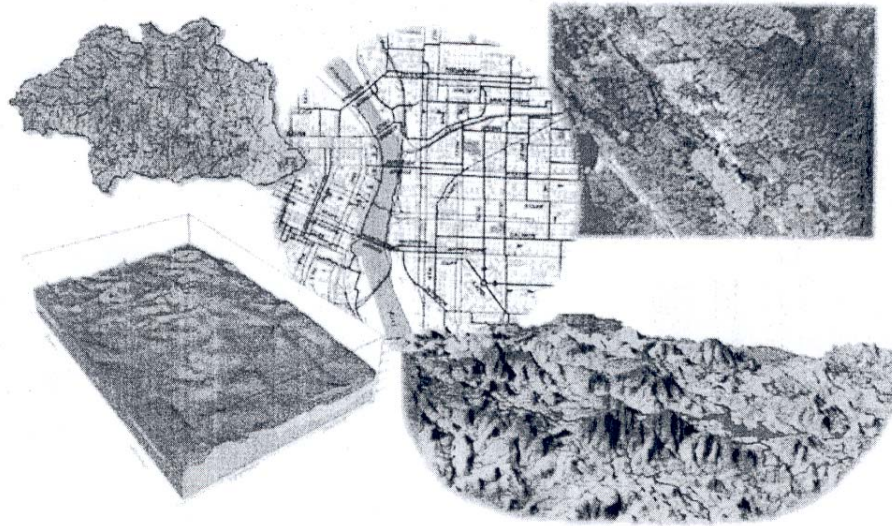


Bild 2 (Quelle [6])

In GIS stehen weit mehr als die normalen geographischen und topographischen Informationen zur Verfügung. Sie enthalten auch Flurkarten, Stadtgrundkarten und technische Pläne von Wasser/Abwasserversorgung, Telefon- und Stromleitungen und viele weitere Detailinformationen. Über Hotlinks lassen sich Fotos, Bilder und Texte mit den erstellten Plänen verknüpfen.

Die untenstehende (Bild 2) Grafik verdeutlicht, wie weitreichend die Spezialisierung der Daten in einem GIS ist, obwohl sie dabei meistens allgemein und für mehrere Fachbereiche nutzbar sind. Unterhalb von Objekte (künstlich/natürlich) könnte man hier auch noch weiter die Art und Größe der natürlichen Objekte und Größe, Erbauungsdatum, Erbauer und Zustand der künstlichen Objekte integrieren. Dies wird in der Praxis auch getan. Der weiteren Hinzunahme von Daten, seien es Karten, Kommentare oder Fotos sind quasi keine Grenzen gesetzt.

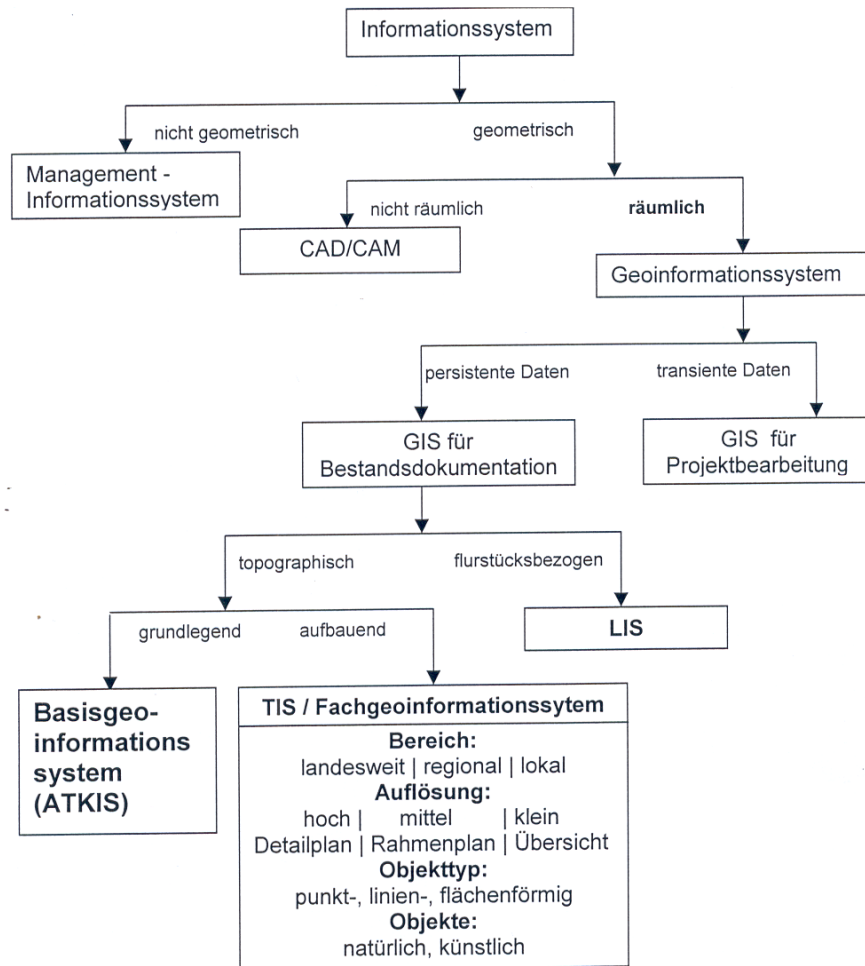


Bild 3 (Quelle [6])

Die folgende Tabelle zeigt wie sich GIS von anderen Systemen, die normal zu ähnlichen Zwecken verwendet werden, unterscheiden. Besonders hervorgehoben wird der hohe Integrationsgrad und der Raumbezug von GIS.

Abgrenzung von GIS gegenüber anderen Systemen

GIS versus IS (DB)	
Geoinformationssystem	Informationssystem (Datenbank)
<ul style="list-style-type: none"> • Geobjekte mit explizitem Raumbezug und gekoppelten Sachdaten • Selektion von Geobjekten über Raumbezug und Attribute • Datenanalyse interaktiv-grafisch, numerisch-statistisch • Visualisierung mit digitaler Kartographie, Tabellen und Diagrammen 	<ul style="list-style-type: none"> • Modellierung allgemeiner Objekte, Raumbezug nur als Attribut • Selektion von Objekten nur über Attribute möglich • Datenanalyse überwiegend mit statistischen Methoden • Visualisierung durch Tabellen und Diagramme (Business-Grafik)
GIS versus CAD	
Geoinformationssystem	Computer Aided Design
<ul style="list-style-type: none"> • Abbildung der Realität durch ein geometrisch und fachlich vereinfachtes Modell • Geometrie und Thematik der Geobjekte sind gekoppelt • Geobjekte sowohl in Vektor- wie im Raster-Modell darstellbar • Analysefunktionen bilden den Schwerpunkt der GIS-Funktionalität 	<ul style="list-style-type: none"> • „Von der Idee zur Realität“ durch interaktiv-geometrisches Modellieren und Konstruieren • Meist keine Sachdaten-Verwaltung erforderlich • Geometrie der Objekte nur vektoriell sinnvoll • Analysefunktionen in der Regel nur rudimentär vorhanden
<p>GIS Modellierung natürlicher und technischer Erscheinungen (Entitäten) des Geo-Raumes in Form von Geobjekten durch die approximative Abbildung ihrer geometrischen Form und Beschreibung ihrer Merkmale mittels Attributen</p>	<p>CAD exakte Abbildung der Geometrie künstlicher Objekte im Rechner mit dem Ziel der Produktionssteuerung (CAD/CAM); Fertigungsroboter</p>
GIS versus Kartographiesystem	
Geoinformationssystem	Kartographiesystem (Mapping System)
<ul style="list-style-type: none"> • Modellierung der realen Welt • Visualisierung mit grafischen und kartographischen Techniken ist nur die Präsentationsfunktion • Selektions- und Analysefunktionen bilden den Schwerpunkt der GIS-Funktionalität 	<ul style="list-style-type: none"> • Modellierung der Karte (2D-Abbild) • Primäres Ziel ist die Konstruktion topographischer und thematischer Karten • Analysefunktionen sind nur eingeschränkt vorhanden

Bild 4 (Quelle [6])

4.2 Historisches (Quelle [6])

Die Vergangenheit der GIS ist eng mit der Entwicklung der Datenbanken und Grafikverarbeitungsprogramme verbunden. Grundvoraussetzung war die Entwicklung der Vektorgrafik.

1963 Canada Geographic Information (CGIS)
 1965 Synagraphic Mapping System (SYMAP)

Entstehung erster Firmen.

1969 Gründung von ESRI
 1970 ALK-Sollkonzept verabschiedet
 1972 Start des ersten Landsat-Satelliten

Erste Softwareprodukte

1979 Markteinführung SICAD (Siemens)
 1980 GIS-Projekte bei deutschen Großstädten und Energieversorgern
 1981 Markteinführung von ArcInfo (ESRI)
 1982 FIG definiert LIS
 1984 Erste GIS-Kurse an der Universität Edinburgh
 1985 GPS operational
 1986 GIS-Standarwerk: P. Burrough „Principles of Geographic Information“
 1988 Erste GIS-Kurse an deutschsprachigen Hochschulen
 1989 Beginn der Atkis-Einführung
 1991 GIS-Standarwerk: Bill/Fritsch „Grundlagen der Geoinformatik“
 1993 Markteinführung von ArcView
 1994 ISO/TC 211, GIS-Normung
 OGC-Gründung, GIS-Standards
 1995 GIS als eigenständiges Lehrgebiet an deutschen Hochschulen
 1996 Oracle führt Spatial Data Option ein, eine DBMS Erweiterung für Geodaten
 2000 Markteinführung von ArcGis
 2001 Einführung der Geodateninfrastruktur, Beschluss der Bundestages(GDI)

Da GIS einen hohen Bedarf an Rechenleistung und Speicher haben, wurden viele Systeme erst durch die raschen Fortschritte auf diesem Gebiet ermöglicht bzw. bezahlbar. Heute liegen etwa 80% der Kosten in der Erfassung und Pflege der Geodaten, während der Rest auf Soft- und Hardware entfällt.

4.3 Anwendungen

Heute kommen GIS in nahezu allen Bereichen der Wirtschaft zum Einsatz. Es wird geschätzt, dass 80% aller verarbeiteten Informationen einen räumlichen Bezug haben. Kommunen nutzen GIS zur Netzplanung, zur Grundstückserfassung, zur Überwachung der Bevölkerungsentwicklung und in vielen anderen Bereichen. Im landwirtschaftlichen Bereich ermöglichen es die detaillierten Informationen sogar verschiedene Ackerbereiche angepasst, unterschiedlich zu düngen.

GIS-Anwendungen

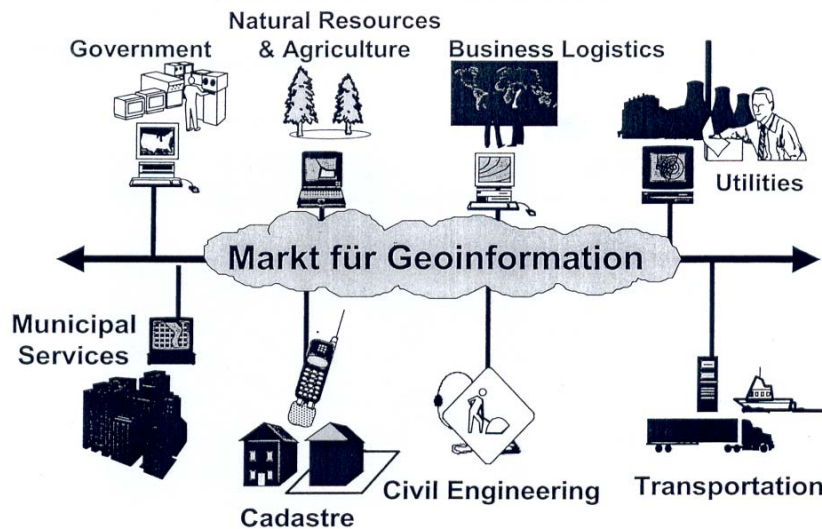


Bild 5 (Quelle [8])

Telekommunikationsunternehmen setzen GIS zur Netz- und Zellenplanung ein, sie stellen nicht nur genaue topographische Informationen zur Verfügung, sondern auch demographische und infrastrukturbezogene (wo kann ich welchen Masten auf welches Gebäude stellen).

Im Bereich der LBS sind der Anwendung von GIS quasi keine Grenzen gesetzt. Der Einsatz beschränkt sich hier nicht nur auf die Wegeplanung, da es auch möglich ist Hintergrundinformationen zu Gebäuden, Einrichtungen oder Geländestrukturen einzubinden. Auch der Einbringung von Statistiken steht nichts im Weg. So wäre es mit einigem Aufwand z.B. möglich, herauszufinden, welcher der beiden äquidistanten McDonalds zur aktuellen Tageszeit normalerweise die kürzeren Warteschlangen hat. Kurz gesagt liefern GIS einen Großteil der Informationen, die von LBS dann ausgewertet werden. Man kann sie zur Routenplanung und Navigation genauso benutzen, wie zur Lokalisierung von Läden und im Extremfall sogar zum Umgehen von Baustellen und Weihnachtsmärkten. Hier wird jedoch klar, dass mit steigender Dynamik auch der Wartungsaufwand dieser Systeme enorm steigt. Will man Baustellen umgehen, so muss das System täglich aktualisiert werden. Für Staumeldungen sogar stündlich. Eine Automatisierung ist hier nahezu unumgänglich. Im Moment sind die Systeme noch nicht in der Lage das zu leisten, da aber die meisten der notwendigen Technologien bereits zur Verfügung stehen ist ihre Integration in GIS wohl nur eine Frage der Zeit. Die Ausmaße des dadurch entstehenden Mehrwerts dürften enorm sein. Man darf also gespannt sein was die Zukunft auf diesem Gebiet bringt.

5. Positionierung

5.1 Einleitung

Von den drei Basisinformationen die LBS benötigen (Person, Zeit, Ort), könne zwei fast immer als bekannt vorausgesetzt werden. Da die meisten mobilen Endgeräte heute persönliche Gegenstände sind, kann man den Besitzer (Person) leicht ermitteln. Sollte das Gerät dennoch regelmäßig verschiedene Benutzer haben so kann man diese mittels Login und Passwortabfrage unterscheiden. Die absolute Zeit kann als allgegenwärtig angesehen werden, jedes uns bekannte Gerät enthält entweder eine Uhr oder ist in der Lage die aktuelle Uhrzeit mit hinreichender Genauigkeit über Funk zu erfahren.

Bleibt als letzte und wichtigste Information die gegenwärtige Position, d.h. den Ort, des Endgerätes bzw. des Nutzers heraus zu finden. Dies gestaltet sich schwieriger als man zunächst annehmen möchte, da alle Verfahren gravierende Nachteile in einzelnen Teilbereichen haben. So findet sich beispielsweise keines das im Innen- und Außenbereich gleichzeitig ausreichend genau und zuverlässig funktioniert. Will man ein Endgerät also universell nutzen können, so muss man mindestens zwei Methoden integrieren.

Wir folgen hier der Unterscheidung von Jörg Roth(2002) in Verfahren für den Innenbereich, Netzwerk gestützte Verfahren sowie die Satellitennavigation. Wir wollen aus jedem Bereich ein bis zwei näher betrachten. Netzwerk-gestützte Verfahren gibt es dabei für den Innen- und Außenbereich, während die Satellitennavigation im Allgemeinen nur außerhalb geschlossener Gebäude funktioniert.

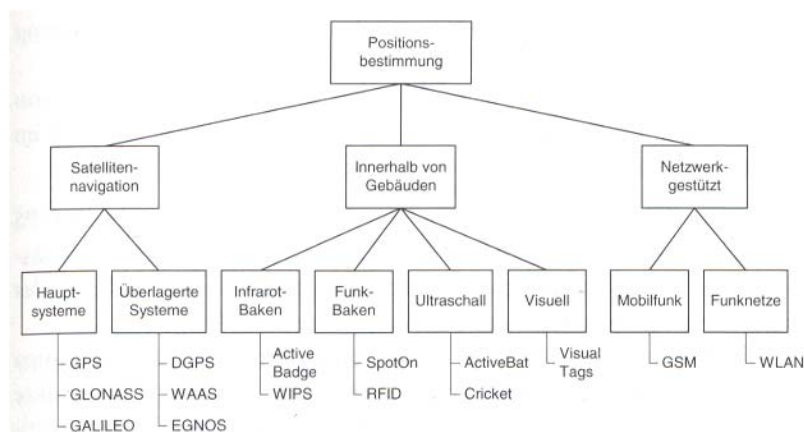


Bild 6 (Quelle [1])

Neben der absoluten Position, welche man z.B. durch Koordinaten angeben kann, interessiert oft die semantische Position, d.h. wo im Bezug auf Gegenstände oder Personen befindet sich etwas. Beispiele wären: liegt etwas auf oder unter dem Tisch; steht die Person rechts oder links von einer Wand, in welchem Raum befindet sie sich also. Dies können die Positionsbestimmungsverfahren nicht leisten, da hierzu auch detaillierte Informationen zur Umgebung des Endgerätes benötigt werden, welche jedoch häufig dynamisch und damit schwer erfassbar sind. Um die semantische Position zu bestimmen, muss man deshalb Raumpläne und Geoinformationssysteme integrieren und diese konsistent halten. Es gibt bereits verschiedene Ansätze (z.B. mittels Ultraschall) die Topographie von Räumen automatisch zu erfassen und zu verarbeiten. Unseres Wissens nach hat allerdings noch keines dieser Verfahren die Marktreife erreicht oder liefert auch nur halbwegs verwendbare Informationen. Die Ermittlung der semantischen Position bleibt also der Anwendungsebene vorbehalten, da es hier möglich ist die ermittelte absolute Position mit den bekannten Raum- und Umgebungsdaten zu kombinieren. Um Fehler hierbei zu vermeiden, ist es von Bedeutung möglichst genaue Positionsdaten zu generieren. Während für die meisten Anwendungen eine Abweichung von einem Meter in der absoluten Position keine Rolle spielt solange die Person im selben Raum ist, kann bereits ein Fehler von 30cm bedeuten dass sich die Person einem Raum befindet, und im Raum nebenan angenommen wird. Deshalb ist besonders im Innenbereich die Genauigkeit der Positionierungsverfahren von eminenter Bedeutung. Wie wir sehen werden bestehen hier noch größere Defizite.

5.2 Grundlegende Techniken zur Positionsbestimmung

Bei der Positionsbestimmung gibt es eine Vielzahl von verschiedenen Verfahren, die jedoch, ebenfalls frei nach Roth(2002), grob in zwei Kategorien unterteilt werden können:

Beim so genannten **Tracking** trägt der Benutzer eine Marke, die von einem Sensornetz erkannt und verfolgt (getrackt) wird. Die Marken werden häufig auch als Bat oder Badge bezeichnet. Vorerst kennt also nur das Sensornetz die Position des Benutzers. Für die Verarbeitung im Endgerät muss sie erst wieder an dieses zurück gefunkt werden. Problematisch ist hier, dass die Informationen zuerst im Netzwerk zur Verfügung stehen und deshalb potentiell jedem der Zugriff auf das Netzwerk hat zugänglich sind.

Beim **Positioning** (Positionsbestimmung) empfängt das Endgerät Signale von einem Sender oder einem Netzwerk von Sendern und berechnet seine aktuelle Position selbst. Die Sender werden als Baken oder Beacons bezeichnet. Der Nachteil hierbei ist, dass die Berechnung im Gerät erfolgt welches hierzu mehr Rechenleistung und Energie benötigt. Der Vorteil ist, dass die Information direkt im Gerät erzeugt wird und vorerst auch nur diesem zur Verfügung steht. Dies spart einerseits die Übertragung vom Netz zum Endgerät und erleichtert andererseits den Schutz der ermittelten Daten.

Beide Systeme verwenden dieselben Grundtechniken zur Positionsbestimmung. Die meisten Verfahren nutzen eine oder mehrere der folgenden Techniken.

Cell of Origin (COO): Liegt dem System eine Zellstruktur zu Grunde, so kann man durch die Position der Netzkomponenten die ein Endgerät empfangen kann oder die es empfangen können herausfinden in welchem Bereich einer Zelle sich dieses Gerät befindet. Diese Technik ist nah verwandt mit der *Messung der Signalstärke*, da man sich auch hier das Absinken der Signalstärke bei steigender Entfernung zu nutze macht.

Messung der Signalstärke: Die Signalstärke fällt quadratisch im Verhältnis zum Abstand vom Sender, damit kann aus der bekannten Ausgangsleistung und der ermittelten Empfangsleistung der Abstand zum Sender errechnet werden. Probleme hierbei sind, dass Mauern und Gegenstände das Signal zusätzlich abschwächen und dass die Sender häufig über eine adaptive Signalanpassung verfügen und somit die gesendete Leistung nicht ermittelt werden kann.

Empfangswinkel (AOA = Angel of Arrival): Durch den Einsatz von gerichteten Antennen kann man die Richtung aus der ein Signal kommt bestimmen. Hierzu sind die empfangenden Basisstationen in der Regel mit einem ganzen Array von Antennen ausgestattet.

Time of Arrival (TOA): Jedes Signal unterliegt einer endlichen Signalausbreitungsgeschwindigkeit. Kennt man nun Sende- und Empfangszeit und also auch die Signallaufzeit, so kann man die Entfernung des Empfängers vom Sender ermitteln. Voraussetzung ist eine sehr genaue Zeitmessung, bzw. eine exakte Synchronisation zwischen Sender und Empfänger. Elektromagnetische Wellen breiten sich mit nahezu Lichtgeschwindigkeit ($c = 300\,000\text{km/s}$) aus. Ein Messfehler von 1 Mikrosekunde entspricht hier einer Abweichung von 300 m. Durch die wesentlich geringere Ausbreitungsgeschwindigkeit von Schall ($354,17\text{m/s}$ bei 23°C) kann dieses Problem durch die Verwendung von Ultraschall stark abgemildert werden. Eine weitere interessante Eigenschaft von Ultraschall ist dass er sich nur über geringe Entfernungen ausbreitet und nicht in der Lage ist feste Objekte zu durchdringen. Man kann ihn deshalb zur Messung großer Entfernungen nicht einsetzen. Dafür ist es möglich ein System mit vielen Zellen, z.B. pro Raum eine, zu betreiben, ohne dass diese sich gegenseitig stören. Aufgrund seiner Ausbreitungseigenschaften ist Ultraschall allerdings nur im Innenbereich sinnvoll einsetzbar.

Time Difference of Arrival (TDOA): Bei Time Difference of Arrival wird die Signallaufzeit zu drei verschiedenen Basisstationen gemessen. Durch Auswertung der Laufzeitunterschiede kann man nun durch Triangulation die ungefähre Position des Endgerätes bestimmen. Das Verfahren unterliegt den gleichen Einschränkungen wie TOA, erzielt aber eine höhere Genauigkeit.

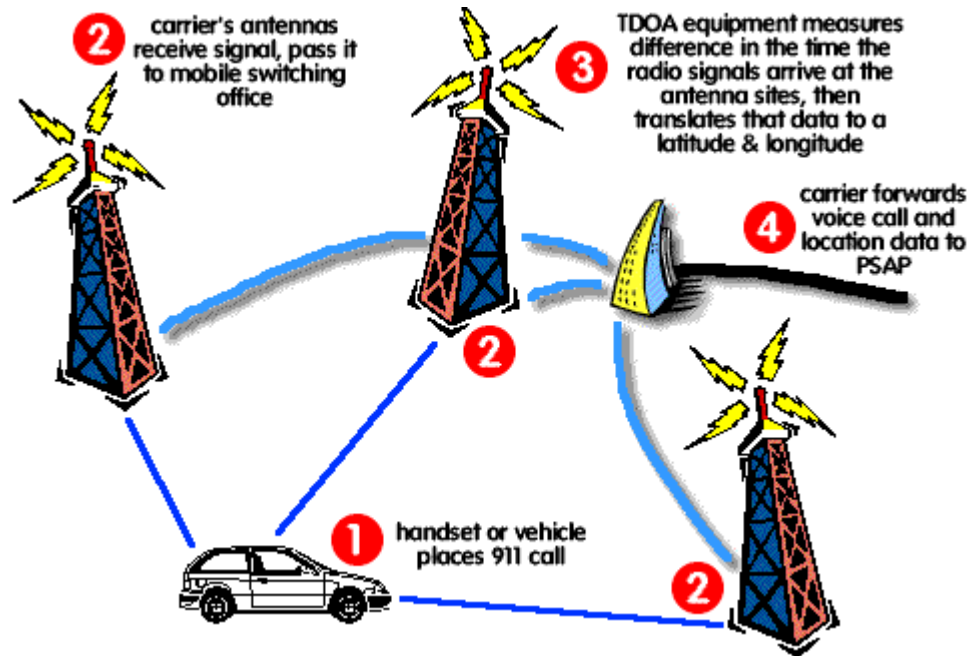


Bild 7 (http://www.911dispatch.com/911_file/tdoa.html)

5.3 Positionsbestimmung im Innenbereich

5.3.1 Smart Floor

Als erstes Positionierungssystem betrachten wir den Smart Floor, weil er eine gewisse Sonderstellung einnimmt. Er ist das einzige System, dass die Ermittlung des Standorts nicht über die Auswertung von Wellen vornimmt. Der Benutzer trägt eine Marke die bei Kontakt mit Matten auf dem Boden von diesen erkannt wird. Weiß man welche Matte wo verlegt ist, so kann man den Aufenthaltsort der Person relativ genau ermitteln. Je nachdem wie genau man wissen will wo jemand ist muss man entsprechend viele Matten verlegen, im Extremfall der ganze Boden in allen Räumen. Im Allgemeinen werden die Matten allerdings so verlegt, dass man interessante semantische Positionen erhält. Also z.B. in welchem Raum ist jemand, oder steht er vor dem Kühlschrank oder vor dem Kopierer.

Smart Floor ist ein typisches Tracking System, da ein Sensornetz(die Matten) den Aufenthaltsort bestimmt. Es hat den Vorteil dass es relativ einfach zu implementieren ist und ohne aufwendige Endgeräte auskommt.

Es hat aber auch folgende Nachteile:

1. Es ist mit einem enormen Eingriff in die Infrastruktur verbunden. Die meisten Haushalte und Firmen werden keine Matten, noch dazu an semantisch interessanten Positionen, verlegen wollen und erst recht keine kabelgebundenen.

2. Die Information steht zuerst nur im Sensornetz zu Verfügung. Der Benutzer hat eventuell gar kein Endgerät welches diese nutzen könnte. Das heißt er wird zwar überwacht, hat aber daraus keine direkten Vorteile.

5.3.2 Active Badge System (Quelle [1])

Der Benutzer trägt hierbei kleine Infrarotsender, die so genannten Active Badges, welche z.B. außen an der Kleidung befestigt werden. Alle 15s senden diese kurze, 0,1s lange Infrarotsignale aus, in die eine Benutzerkennung kodiert ist. Sensoren die im ganzen Gebäude verteilt sind empfangen diese Signale und leiten sie an einen zentralen Rechner weiter. Da infrarotes Licht nicht in der Lage ist, Wände zu durchdringen, von diesen aber reflektiert wird, können sich einerseits nur Nutzer die sich im gleichen Raum befinden gegenseitig stören, und andererseits kann bestimmt werden in welchem Raum sich ein Nutzer aufhält. Die kurze Signaldauer im Verhältnis zur Sendepause macht Kollisionen sehr unwahrscheinlich und erhöht die Lebensdauer der verwendeten Batterien stark.

Wie der Smart Floor ist auch das von Olivetti entwickelte Active Badge System ein Tracking System mit den entsprechenden Nachteilen. Es kann den Aufenthaltsort nur Raumgenau auflösen, hat aber den Vorteil, dass die Sensoren wesentlich weniger auffällig als die Bodenmatten des Smart Floor sind, und als Standardbauteil auch deutlich billiger.

5.3.3 Funk-Baken

Ähnlich dem Active Badge System werden hier von einer Marke Signale ausgesendet. Da es sich allerdings um Funksignale handelt, welche Wände und feste Gegenstände zu einem gewissen Grad durchdringen, können auch Sensoren in benachbarten Räumen die Signale noch empfangen. Durch Messung der Signalstärke kann nun die Entfernung zwischen Sender und Empfänger berechnet werden. Die stärkere Dämpfung durch Wände und andere Objekte muss dabei berücksichtigt werden. Dazu müssen wieder alle Sensoren mit einem Server vernetzt werden. Heute implementierte Systeme erreichen eine Genauigkeit von etwa 3m.

Das System lässt sich auch umkehren, so dass die Baken(vormals die Sensoren) die Signale aussenden und diese dann im Endgerät verarbeitet werden. Das hat den Vorteil, dass die Informationen direkt dem Benutzer zur Verfügung stehen ohne den Umweg über das Netz zu nehmen. Interessante Möglichkeiten ergeben sich durch die Kombination von Funk und Ultraschall.

5.3.4 Ultraschallverfahren

Ultraschall hat die Eigenschaft sich um ca. den Faktor 10^6 langsamer auszubreiten als Funk. Sendet man also gleichzeitig ein Funk und ein Ultraschallsignal aus, so kann die Laufzeit des Funksignals vernachlässigt werden. Es kommt quasi sofort an, während dass Ultraschallsignal mit einiger Verzögerung eintrifft. Misst man nun die

Zeit die zwischen dem Empfang der beiden Signale verstreicht, so kann man die Entfernung zum Sender sehr genau bestimmen. Hat man nun mehrere Empfänger, oder Sender, so kann man die Position im Raum bestimmen. Die zu lösenden Gleichungssysteme ähneln stark denen von Satelliten gestützten Systemen und werden später näher behandelt. Ein Active Bat genanntes System, das stark dem Active Badge System ähnelt (Sender am Mann, Empfänger hier an der Decke, zentrale Auswertung), erreicht Genauigkeiten von etwa 10 cm im Raum.

Auch dieses System ließe sich leicht umkehren. Wenn man die Sender im Raum verteilt und die Signale im Endgerät empfängt und verarbeitet, kann man dem Benutzer detaillierte Informationen über seinen Aufenthaltsort geben. Ein Cricket genanntes System benutzt diese Methode mit allerdings nur einem Sender pro Raum. Es ist deswegen nur in der Lage festzustellen, in welchem Raum der Benutzer ist.

Würde man drei Sender pro Raum verwenden, so könnte man sehr genaue Angaben über den Ort des Endgerätes machen. Die Sender könnten rein Batterie gestützt in kurzen Abständen nur ihre Koordinaten (x,y,z) senden. Daraus könnte man dann den Standort im Endgerät berechnen. Um Kollisionen zu vermeiden sollten die Sender verschiedenen Funk und Ultraschallfrequenzen verwenden. Eine Implementierung dieser Methode ist uns leider nicht bekannt. Bei den Ultraschallverfahren handelt es sich um TDOA-Verfahren.

5.4 Netzwerkgestützte Verfahren

5.4.1 WLAN

The Nibbles System:

Das Nibbles System ist ein von der UCLA (University of California Los Angeles) implementiertes WLAN gestütztes System. Es benötigt eine sehr aufwendige Trainingsphase bevor es brauchbare Positionsdaten liefert. Das System besteht aus einer Reihe von WLAN-Basisstationen, mindestens einem WLAN-fähigen Endgerät und einer Umgebungskarte (elektronisch natürlich). Der Benutzer (oder Administrator) geht nun mit dem Endgerät festgelegte Punkte auf der Umgebungskarte ab. An jedem Punkt werden die Signalstärken des vom Endgerät gesendeten Signals bei den Basisstationen aufgezeichnet und in einer Tabelle gespeichert. Will man später dann den aktuellen Aufenthaltsort des mobilen Endgerätes bestimmen, so werden die tatsächlich empfangenen Werte mit den in der Tabelle gespeicherten Werten verglichen. Die Position mit den „ähnlichsten“ Werten wird ausgewählt.

Größere Änderungen in der Raumstruktur (z.B. umstellen großer Möbel) erfordern eine Wiederholung der Trainingsphase. Obwohl im Innenbereich meist zu wenigstens einer Basisstation eine direkte Sichtlinie bestehen dürfte, bleibt die Auswertung der Signallaufzeiten bei diesem Verfahren außer acht.

Es gibt Bemühungen die Trainingsphase durch eine Computersimulation zu ersetzen; bleibt allerdings fraglich ob die Erstellung eines realistischen Raumplanes inklusive Wandstärken und verwendeter Materialien nicht teurer ist als die physische Trainingung des Systems. Roth gibt für die Genauigkeit des Systems 2-3m bei physischer Trainingung des Systems und ca. 4m bei Computersimulation an. Damit ist

die Brauchbarkeit für Location Based Services im Innenbereich sowieso in Frage gestellt, da man nicht garantieren kann, dass zwei semantisch interessante Positionen mindestens 2m von einander entfernt sind (z.B. Bilder in einem Museum).

5.4.2 GSM

Prinzipiell bieten GSM Netze die Möglichkeit die Funkzelle zu identifizieren(COO oder CGI = Cell Global Identity), in der sich ein Teilnehmer aufhält. Diese Methode ist jedoch sehr ungenau, da die Zellengröße in ländlichen Gebieten bis zu 35km betragen kann. TOA ist ebenfalls eine unzulängliche Methode, da in GSM Zellen oft keine direkte Sichtverbindung zwischen Sender und Empfänger besteht und man über die Signallaufzeit deswegen nur den Maximalabstand zum Endgerät bestimmen kann. Das Minimum ist in engen Grenzen nicht bestimmbar. Ähnliches gilt für TDOA.

MPS:

MPS ist ein von der Firma Ericsson entwickeltes Verfahren, das versucht die genannten Restriktionen von GSM Netzen, ohne große Eingriffe in deren Infrastruktur oder die Endgeräte, zu überwinden. Zusätzlich zu CGI verwendet es den GSM Standardmechanismus Timing Advance(TA). TA wird dazu verwendet, um Mobiltelefon und Basisstation im Uplink zu Synchronisieren. Weit von der Basisstation entfernte Endgeräte senden ihre Datenframes vor dem ihnen zugeordneten Zeitschlitz, so dass sie in ihrem Zeitschlitz die Basisstation erreichen und so die Zeitschlitze anderer Endgeräte nicht stören. Der Timing Advance Mechanismus kennt 64 Schritte, was bedeutet er erreicht eine theoretische Genauigkeit von $35\text{km}/64 = 546,875\text{m}$, wohlgemerkt auf einem Ring um die Basisstation. Da das Verfahren im weitesten Sinne ein TOA Verfahren ist dürfte dieser Wert in der Praxis kaum erreicht werden. Er wäre zur Verwendung mit LBS auch viel zu ungenau. Die Verwendung von gerichteten Antennen, wie sie in den meisten GSM Zellen vorkommen, schränkt nur den Winkelbereich in dem sich das Endgerät befindet ein, nicht aber die viel zu große Entfernungungenauigkeit von weit über 500m. Wird das Endgerät nun von mindestens vier Basisstationen empfangen, so kann man durch Bildung der Schnittmenge der vier berechenbaren Ringe den Aufenthaltsort des Endgerätes weiter einschränken. Zur Synchronisation der Basisstationen sind allerdings so genannte Location Management Units(LMU) erforderlich, welche GPS-Empfänger enthalten und so die exakte Systemzeit berechnen. Nach Roth(2002) kommt man so auf Genauigkeiten von 50-150m, was für LBS immer noch ein kritischer Bereich ist. Damit kann man noch nicht einmal entscheiden auf welcher Seite eines großen Flusses man ist. Dieses Verfahren wird Uplink Time of Arrival (UL-TOA) genannt. Zukünftige Implementierungen von MPS schließen die Verwendung von A-GPS(Assistet GPS) ein, was Genauigkeiten von etwa 10m ermöglichen soll. Dieser für LBS akzeptable Wert setzt jedoch GPS fähige Endgeräte voraus, womit die Grundprämisse des Systems verworfen wird. Das ursprünglich angestrebte Design sollte ja mit Standard GSM Equipment auskommen um dem Endverbraucher teure, neue Endgeräte und den Providern tiefe Eingriffe in ihre Infrastruktur zu ersparen. Damit kommen wir nun zum letzten Abschnitt der Positionsbestimmung, dem Satellitennavigationssystem GPS.

5.5 Satellitennavigation

GPS

Einleitung

Das Global Positioning System(GPS) ist ein Satelliten gestütztes Positionsbestimmungssystem das derzeit weltweit und mit relativ hoher Genauigkeit verfügbar ist. Es wurde vom DoD(Department of Defense) der US-Streitkräfte unter dem Namen NAVSTAR-GPS(Navigation System with Time and Ranging – Global Positioning System) zu militärischen Zwecken entwickelt. Die zivile Nutzung ist ein Nebenprodukt, das in Qualität und Verfügbarkeit von den Amerikanern jederzeit beeinflusst werden kann. Im Moment gelten sehr niedrige Restriktionen, so dass das System die höchste für den zivilen Bereich vorgesehene Genauigkeit hat. Der starke Preisverfall bei GPS-fähigen mobilen Endgeräten und die steigende Leistungsfähigkeit dieser Geräte machen GPS für Location Based Services interessant.

Geschichte

- 1958 Die US-Marine beginnt mit der Entwicklung von TRANSIT(einem ersten Vorläufer von GPS), mit acht Satelliten auf Polbahnen in 1000 km Höhe.
- 1964 TRANSIT steht zur militärischen Nutzung zur Verfügung.
- 1967 TRANSIT wird zur zivilen Nutzung freigegeben; es wird bis in die 80er Jahre hauptsächlich zu Forschungszwecken eingesetzt.
- 1973 Konzeption von NAVSTAR-GPS
- 1978-1985 Bis zu sieben Block I Satelliten stehen zu Entwicklungszwecken zur Verfügung
- 28.1.1986 Verlust des Challenger Spaceshuttles(Challenger Katastrophe)
=>vorübergehende Einstellung des gesamten US-Raumprogrammes
- 1989-1994 24 operative Block II/IIA Satelliten werden in ihre Umlaufbahn gebracht.
- März 1994 Das System ist vollständig aufgebaut
- 2000 Selective Availability(SA) wird abgeschaltet. Die Genauigkeit für die zivile Nutzung erhöht sich um den Faktor 10; SPS ca. 10m

Seit 1994 wird das System weiter entwickelt und modernisiert zurzeit stehen 24+(24 operative plus 4 Ersatz Satelliten) zur Verfügung. Die neuen Satelliten gehören zum Block IIR; komplett überarbeitete Block III Satelliten sollen mittelfristig folgen.

5.5.1 Systemaufbau

Das System besteht aus drei Segmenten:

Das Raumsegment:

Es besteht aus 24 operativen Satelliten welche die Erde in 6 Bahnebenen in ca. 20200km Höhe umrunden. Die fast kreisförmigen Bahnen schneiden den Äquator in

einem gleichmäßigen Abstand von 60° unter einem Inklinationwinkel von 55° . Ein Umlauf dauert dabei 12h Sternzeit, was 11h 58min Sonnenzeit entspricht. Die Satelliten wiegen zw. 840 und 930 kg und werden von ca. 7qm großen Sonnenpaddeln mit Energie versorgt. Jeder Satellit ist mit einer Kombination aus mehreren Atomuhren ausgestattet. Die Grundfrequenz der Oszillatoren die den Atomuhren zugrunde liegen beträgt $f = 10,23$ MHz, dies entspricht einer Wellenlänge von $\lambda = 29,3$ m, aus ihr werden alle vom Satelliten erzeugten Signale abgeleitet. Zusätzlich zu den operativen Satelliten gibt es noch vier aktive Ersatzsatelliten, welche ausgefallene Satelliten lückenlos ersetzen sollen. Die Literatur ist sich allerdings uneins darüber ob das System aus 21+3 oder aus 24+3 oder aus 24+4 Satelliten besteht. Diese Verwirrung ist vermutlich darauf zurück zu führen, dass die Ersatzsatelliten auch wenn sie nicht gebraucht werden bereits aktiv sind, und dass die Zahl gelegentlich schwankt.

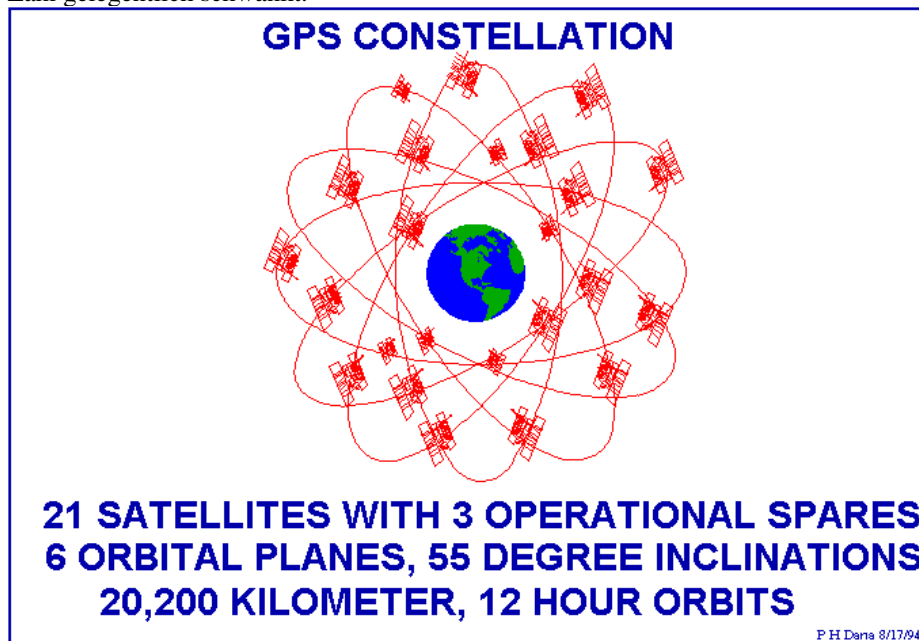


Bild 8 (<http://www2.cr.nps.gov/gis/gisgraphics/orbitsgis.gif>)

Das Kontrollsegment:

Es besteht aus sechs Bodenstationen, wovon fünf in einem breiten Äquatorgürtel platziert sind. Die sechste ist die Master Control Station in Colorado Springs. Die fünf anderen haben folgende Aufgaben:

- Cape Canaveral/Florida: Monitor Station, Ground Antenna
- Kwajalein (Atoll der Marshall Insel im Pazifik): Monitor Station, Ground Antenna
- Diego Garcia (Indischer Ozean): Monitor Station, Ground Antenna
- Ascension (südlicher Atlantik): Monitor Station, Ground Antenna
- Hawaii: Monitor Station

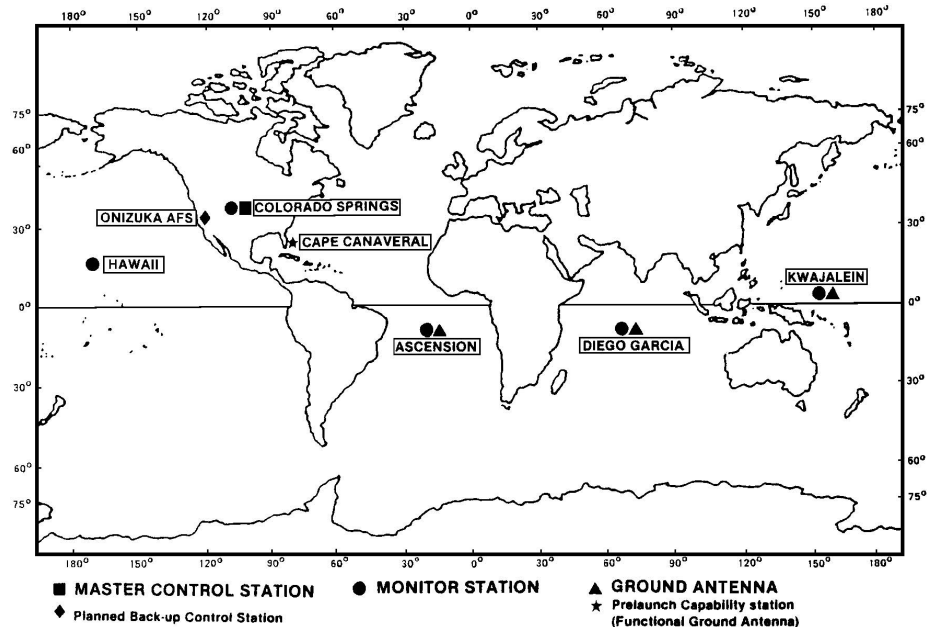


Bild 9 (http://www.fas.org/spp/military/docops/army/ref_text/Image2007.gif)

Die Monitor Stations sammeln die von den Satelliten empfangenen Daten und werten sie aus. Sie kontrollieren des Weiteren die atmosphärischen Einflüsse auf die Signale und geben dann sämtliche Daten an die Master Control Station weiter. Die Master Control Station berechnet daraus die Uhrfehler sowie die korrekten Bahndaten bzw. deren Abweichung von den Sollwerten der Satelliten. Daraus wird eine Navigationsnachricht erstellt, welche den Satelliten über die Ground Antennas übermittelt wird, so dass diese ihre Daten korrigieren können. Dieser militärische Teil des Kontrollsegments wird durch zahlreiche unabhängige zivile Einrichtungen unterstützt, welche ihre eigenen, teilweise hochgenauen, Bahndaten berechnen und meist auch der interessierten Öffentlichkeit via Internet zur Verfügung stellen.

Das Nutzersegment:

Die Summe der GPS-Empfänger, seien sie militärischer oder ziviler Natur, wird als das Nutzersegment bezeichnet. Sie bestehen im Allgemeinen aus Antenne, Empfänger und Kontrolleinheit.

Die Antenne sollte möglichst genormt und geeicht sein, da ihr Zentrum dem exakten gemessenen Punkt entspricht. Für Aufgaben die besonders hohe Genauigkeiten erfordern werden die Antennen deshalb durch sehr aufwendige Verfahren geeicht. Dies kann mehrere Tage dauern. Eine solche Antenne nennt man Nullantenne. Im Allgemeinen sind Antennen direkt mit einem Vorverstärker gekoppelt, um Signalstörungen (Rauschen) auf dem Weg zum Empfänger zu minimieren. Aus dem gleichen Grund sollte die verwendete Verkabelung möglichst gut abgeschirmt sein.

Der Empfänger hat bis zu 20 parallele Kanäle, mit denen er ebenso viele Satelliten gleichzeitig beobachten kann. Modelle älterer Bauart haben teilweise weniger

Kanäle(mindestens vier) die gelegentlich auch seriell und nicht parallel sind. Dies hat den Nachteil, dass die Satelliten nicht zeitgleich sondern nur mit einem, wenn auch sehr geringen, zeitlichen Versatz abgehört werden können. Dadurch verlängert sich die Dauer einer Messung und die Genauigkeit verschlechtert sich. Des Weiteren verfügen die Empfänger über eine Uhr die von einem Präzisionsoszillator gesteuert wird. Sie wird benötigt um die Synchronisierung der Satellitensignale zu ermöglichen. Die Satelliten senden zwei Trägerfrequenzen, L1 und L2, von denen die meisten Empfänger nur die L1 Frequenz auswerten können. So genannte Zweifrequenzempfänger sind in der Lage beide Trägerwellen zu nutzen und können so Störungen durch die ionosphärische Refraktion eliminieren, was die Genauigkeit der Messergebnisse verbessert, doch dazu später mehr.

Die Kontrolleinheit stellt die Benutzerschnittstelle des Systems dar. Über sie erfolgt die Eingabe der Parameter und die Ausgabe der generierten Daten. In Abhängigkeit vom Gerät übernimmt sie auch die Auswertung der Daten und einige zusätzliche Aufgaben wie die Streckenberechnung bei Navigationssystemen. Dies ist zum Teil mit enormen Anforderungen an Rechenleistung und Energieverbrauch verbunden.

Diese drei Elemente eines GPS-Empfängers können getrennt sein, wie z.B. bei geodätischen Instrumenten, bei denen die Antenne meist an einem bis zu zwei Meter langen Stab angebracht ist, der Empfänger mit Stromversorgung in einem Rucksack und die Kontrolleinheit ein mit dem Rucksack verbundenes Handheld ist. Sie können zweigeteilt sein in Antenne und Empfänger/Kontrolleinheit wie bei Auto Navigationssystemen, oder sie können voll integriert in einem Mobiltelefon oder PDA untergebracht sein. Hierbei muss man berücksichtigen, dass die Vermessungsinstrumente meist einen wesentlich höheren Funktionsumfang bei besserer Genauigkeit aufweisen.

5.5.2 Verfahren

Die Satelliten erhalten von den Atomuhren die Grundfrequenz $f_0 = 10,23$ MHz aus denen sie, wie bereits oben erwähnt alle benötigten Signale ableiten. Sie erzeugen zwei Trägerwellen:

L1 mit $f_1 = 154 * f_0 = 1575,42$ MHz

L2 mit $f_2 = 120 * f_0 = 1227,60$ MHz

Sie erzeugen des Weiteren die zwei PRN Codes(Pseudo Random Noise) C/A(Coarse Access) und P(Precise), welche auf die Trägerwellen aufmoduliert werden. Der C/A Code wird nur auf L1 angewandt, der P Code auf beide Trägerwellen, wobei L1 für den P Code um 90° phasenverschoben wird. Die Codes haben folgende Chip Rates:

C/A: $f_{c/a} = f_0/10 = 1,023$ MHz

P: $f_p = f_0 = 10,23$ MHz

Beide Codes werden durch rückgekoppelte Schieberegister erzeugt. Die genauen Verfahren sind öffentlich bekannt. Der C/A Code wird unverfälscht übertragen und steht der zivilen Nutzung somit jederzeit zur Verfügung. Dem bekannten P Code wird bisher noch der geheime W Code aufmoduliert, woraus der ebenfalls geheime P(Y)

Code resultiert. Dies macht die Nutzung des wesentlich genaueren P Codes für Echtzeitverfahren bisher unmöglich.

Ein GPS-Empfänger berechnet seinen Standpunkt nun auf folgende Weise:

Die Satelliten broadcasten fortwährend ihren aktuellen Standort und ihre exakte Uhrzeit. Kennt das Endgerät nun die Position von mindestens drei Satelliten und kann es die Entfernung zu ihnen berechnen so kann es seine aktuelle Position auf zwei Punkte einschränken, wovon nur einer auf der Erdoberfläche liegt. Da jeder der drei Datensätze Fehler behaftet ist bedarf es dazu der Lösung eines nichtlinearen Gleichungssystems. Dies setzt jedoch eine exakte, synchrone Systemzeit der Satelliten und des Endgerätes voraus. Aufgrund der Relativitätstheorie von Einstein wissen wir allerdings dass die Zeit auf einer Erdumlaufbahn anders läuft als auf der Erdoberfläche, des Weiteren ist es nicht möglich die Endgeräte mit hochpräzisen Radium/Cäsium Oszillatoren auszustatten. Obwohl man versucht den Fehler durch leichtes Zurücksetzen der Atomuhren vor der Positionierung im Weltall auszugleichen bleibt ein gewisser Restfehler, der die Positionsdaten unbrauchbar machen würde. Neben den Raumkoordinaten (x,y,z) muss also noch die genaue Systemzeit als vierte Variable berechnet werden. Dazu brauchen wir den Datensatz eines vierten Satelliten, da man zur Berechnung von vier Variablen ein Gleichungssystem mit vier Gleichungen benötigt. Würde man weitere Satelliten in die Berechnungen einbeziehen so wäre das Gleichungssystem überbestimmt und aufgrund der enthaltenen Fehler nicht mehr lösbar. Man kann jedoch einen oder mehrere Satelliten in weiteren Berechnungen ersetzen um die Genauigkeit zu erhöhen. Ab sechs Satelliten kann man so z.B. den mit dem größten Fehler ausschließen.

Bisher haben wir uns auf die Auswertung der übermittelten, für den zivilen Bereich bestimmten Daten beschränkt, womit laut Aussage des DoD eine Messgenauigkeit in Echtzeit von etwas unter 10 m erreicht werden kann. Dies wurde durch diverse Testmessungen bestätigt. Da dies für viele Anwendungen noch nicht ausreicht wurde von Geodäten ein wesentlich exakteres System entwickelt, welches unter optimalen Bedingungen die relative Messgenauigkeit bis in den Millimeterbereich erhöht.

Hierzu ist es nötig die Phase der Trägerwelle zu berücksichtigen. Man benötigt zuerst einen bekannten Punkt an dem ein GPS-Empfänger platziert ist, welcher über Funk mit einem zweiten mobilen GPS-Empfänger in Verbindung steht. Beide Empfänger müssen sich auf einen Satz von vier Satelliten einigen mit deren Daten sie arbeiten. Nun analysieren sie die Phasen der Trägerwellen wodurch sie den exakten Laufzeitunterschied der Wellen berechnen können. Ein eventueller Versatz um ganze Perioden der Trägerwellen muss berücksichtigt werden, was eine kurze Initialisierungsphase erfordert. Es ist möglich bis 1% der Phase genau aufzulösen, was bei kurzen Entfernungen (bis ca. 10km) einer theoretischen Genauigkeit von etwa 2mm entspricht. In der Praxis werden Werte von 1-2cm erreicht, was hauptsächlich durch Materialfehler, wie z.B. Exzentrizitäten der Antenne, verursacht wird.

Differentielles GPS (DGPS) verfolgt einen ähnlichen, wenn auch nicht so genauen Ansatz, indem es davon ausgeht, dass benachbarte Empfänger ähnlichen Fehlern ausgesetzt sind. Kennt man nun die exakten Koordinaten eines Empfängers, der so genannten Korrekturstation, so kann man die exakten Daten mit den errechneten Daten vergleichen und damit den Fehler berechnen. Die Korrekturstation broadcastet nun den von ihr errechneten Fehler, was in der Nähe befindlichen Empfängern die weitgehende Korrektur ihrer Daten ermöglicht. Voraussetzung dafür ist allerdings, dass Korrekturstation und Endgerät die gleichen vier Satelliten verwenden, was sich

als nicht triviale Aufgabe herausstellt. Darauf soll hier jedoch nicht weiter eingegangen werden. Über die Genauigkeit von DGPS finden sich in der Literatur unterschiedliche Angaben zwischen 0,5 m und 5 m, man kann mit modernem Gerät wohl von Genauigkeiten im submeter Bereich ausgehen.

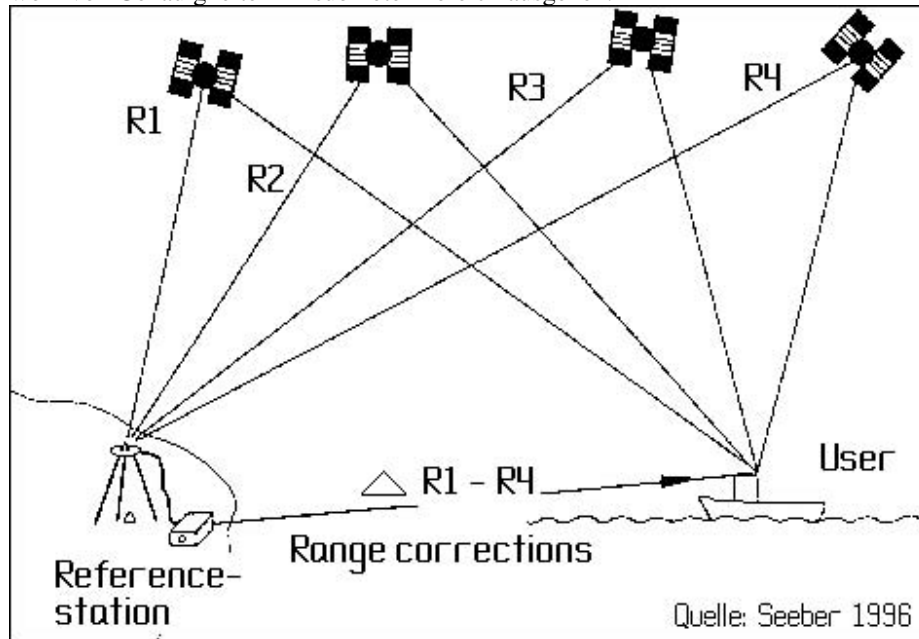


Bild 10 (http://gio.uni-muenster.de/beitraege/ausg96_1/schmitz_meth_gps/iwu-pap3.htm)

Genauigkeit und Messfehler

Das GPS System unterliegt einer Anzahl von Fehlerquellen, von denen wir erst die vom US-Militär gewollten und dann die natürlichen und technischen diskutieren wollen.

Die Amerikanischen Streitkräfte haben sich vorbehalten die Qualität des für die zivile Nutzung tauglichen GPS Signals beliebig zu verschlechtern um im Kriegsfall dem Gegner keine zu genauen Positionsdaten zu liefern. Sie setzten dazu zwei Techniken ein:

Selective Availability(SA): Im so genannten S-Prozess wird die von den Atomuhren erzeugte Grundfrequenz leicht verfälscht (gedithert) was die Auswertung der Trägerwellen erschwert. Im S-Prozess werden die übertragenen Bahndaten und Uhrparameter verändert, was die Navigationsgenauigkeit zusätzlich verschlechtert. Für die zivile Nutzung bleibt eine Genauigkeit auf etwa 100m, die sich mit der Abschaltung von SA im Mai 2000 auf etwa 10m verbessert hat. Das DoD ist jedoch jederzeit in der Lage SA wieder zu aktivieren.

Anti-Spoofing(AS): AS soll verhindern, dass feindliche Sender ein dem Satellitensignal ähnliches Signal sende um die Positionsdaten zu verfälschen und damit die Navigation der Truppen zu stören. Hierzu wird der bekannte P-Code (P=Precise) mit dem geheimen W Code verschlüsselt, er wird damit zum ebenfalls geheimen P(Y)-Code. Die Nutzung der L2 Trägerwelle blieb damit

ursprünglich dem US-Militär vorbehalten, was den zivilen Nutzer auf Einfrequenzempfänger beschränkte. Neuerdings gibt es allerdings Methoden die es ermöglichen auch die L2 Frequenz zu nutzen was vor allem bei der Fehlerbeseitigung durch die ionosphärische Refraktion von Bedeutung ist. Dem zivilen Nutzer bleibt allerdings der Schutz durch den P(Y)-Code vorenthalten. AS ist mit wenigen Ausnahmen durchgehend bis zum heutigen Tag in Betrieb.

Die folgenden Fehlerquellen sind natürlicher oder technische Art und werden unter dem Oberbegriff Dilution of Precision(DoP) zusammengefasst.

Zur Berücksichtigung atmosphärischer Störungen kommt ein zwei Schichten Modell zum Einsatz, welches die Atmosphäre in Troposphäre und Ionosphäre unterteilt.

Die troposphärische Refraktion findet in den ersten 50km über der Erdoberfläche statt und ist abhängig von Luftdruck, Luftfeuchtigkeit und Temperatur. Da eine Bestimmung am Messpunkt nur für die direkte Umgebung des Endgerätes Gültigkeit hätte, greift man in der Praxis auf einen standardisierten Aufbau der Luftschichten zurück, um die dadurch verursachten Fehler zu kompensieren.

Die ionosphärische Refraktion hängt von der Ionisierung der Gasmoleküle in bis zu 1000km Höhe ab. Sie wird beeinflusst von der Sonnenaktivität, Jahres- und Tageszeit und von der geographischen Breite. Um diese Fehler möglichst klein zu halten kommt auch hier eine Standardatmosphäre zum Einsatz, in welcher die bekannten Parameter berücksichtigt werden. Da die ionosphärische Refraktion frequenzabhängig ist kann sie bei Verwendung von Zweifrequenzempfängern durch den Vergleich der L1 und L2 Trägerwellen eliminiert werden.

Um die besonders starken Refraktionseinflüsse niedrig stehender Satelliten aufgrund des flachen Einfallswinkels zu vermeiden werden Satelliten die unter einem bestimmten Höhenwinkel, dem so genannten „cut of angle“, stehen im Allgemeinen von der Beobachtung ausgeschlossen. In der Literatur finden sich hierfür Werte zwischen 5° und 15°.

Satellitenfehler sind Fehler die durch falsche Bahndaten und durch Uhrfehler der Satelliten entstehen. Sie werden vom Kontrollsegment fortwährend überwacht und korrigiert. Restfehler lassen sich hier trotzdem nicht ausschließen. Die Atomuhren der Satelliten gehen in der Umlaufbahn etwas schneller als auf der Erdoberfläche(nach Einstein), weswegen sie vor ihrer Platzierung um etwa den Differenzwert langsamer eingestellt werden. Ganz exakt wird die Nominalfrequenz von 10,23MHz dennoch nicht erreicht. Ebenso wenig lassen sich die exakten Satellitenbahndaten in Echtzeit berechnen.

Am Empfänger entstehen ebenfalls Fehler durch Antennenexzentrizitäten und Hardwareverzögerungen. Diese lassen sich jedoch durch Eichung der entsprechenden Geräte mit einigem Aufwand weitgehend entfernen.

Bei Verwendung von DGPS oder der Phasenmessung der Trägerwelle bei den geodätischen Methoden lassen sich die oben genannten Störungen und Fehler weitgehend dadurch beseitigen, dass sie bei Basisstation und Endgerät nahezu gleich groß ist.

Die Genauigkeit schwankt zwischen 1-2dm bei kinematischer Messung mit geodätischen Methoden und ca. 100m bei reiner Code-Auswertung und eingeschaltetem SA. Ist SA abgeschaltet verbessert sich die Genauigkeit auf ca. 10m, was man im Outdoorbereich schon als akzeptablen Wert für LBS ansehen kann. Die höhere Genauigkeit bei Verwendung von DGPS(ca. 1m) ist schon ein sehr guter Wert der mit keinem andern uns bekannten Verfahren erreicht werden kann.

5.5.3 Anwendbarkeit für LBS

In der Vergangenheit war GPS für Location Based Services nur beschränkt einsetzbar, da die Dimensionen der Geräte, deren Energieverbrauch und die eingeschränkte Genauigkeit einem sinnvollen Einsatz im Wege standen. Die ersten beiden Kriterien scheinen überwunden zu sein, da z.B. die Firma Benefon mittlerweile ein Mobiltelefon anbietet, das mit 12 parallelen GPS-Kanälen ausgestattet ist. Das Gerät wiegt laut Datenblatt 183Gramm und hat bei Verwendung von GPS eine Standby Zeit von 24-240h. Es ist angeblich in der Lage permanent 12 Satelliten zu verfolgen und auszuwerten. Es ist deutlich kleiner und leichter als beispielsweise ein Nokia Communicator. Über die Messgenauigkeit des GPS-Empfängers schweigt sich die Web-Site leider aus, dennoch kann man wohl davon ausgehen, dass die maximal mit Codeauswertung mögliche Genauigkeit von rund 10m erreicht wird. Mit einem Preis von deutlich unter 1000 ist es auch für den Endverbraucher bereits erschwinglich. Neuerdings sind auch GPS-Empfänger für PDAs und Notebooks verfügbar, teilweise für unter 100 . Bei Navigationssystemen im Automobilbereich hat sich GPS bereits durchgesetzt, da Energieverbrauch und Größe hier nur eine untergeordnete Rolle spielen.

Im Bereich der Mobilkommunikation bleibt zu hoffen, dass die Provider in naher Zukunft auf die Integration von GPS in ihre Infrastruktur setzten, da dadurch wesentlich höhere Genauigkeiten als mit den oben beschriebenen Verfahren des Standard GSM-Netztes erreicht werden können. Es wäre denkbar an jedem Funkmasten (GSM Basisstation) eine DGPS-Korrekturstation anzubringen, welche zur Kommunikation mit den Engeräten dann auf das GSM-Netz zurückgreifen könnte. Damit wäre bereits eine Positionsbestimmung im Bereich von einem Meter möglich. Die Auswahl von vier gleichen Satelliten würde dadurch wesentlich vereinfacht. Eine vereinfachte Implementierung des geodätischen Verfahrens mit Auswertung der Trägerwelle wäre ebenfalls denkbar. Bei Rasterung von 1% der Trägerwelle nun nur periodengenau auswerten, was mit heutiger Technik relativ günstig realisierbar sein dürfte, so käme man immer noch auf eine Genauigkeit von ca. $2.2\text{mm} * 100 = 22\text{cm}$. Die GSM/UMTS Sendemasten müssten hier wieder als GPS-Empfänger mit bekannten Koordinaten fungieren. Wieder greift hier der Vorteil, dass die Funkinfrastruktur in der Basisstation wie auch im Endgerät schon zur Verfügung steht. Die Anwender dürften sich über den Mehrwert freuen jederzeit ihre Position bestimmen zu können. Wir erwarten mit Spannung die nächste Generation von Mobiltelefonen und PDAs.

6. Geography Markup Language (GML)

Eine Sprache zur Speicherung und Verarbeitung geographischer Daten

Um ein GIS nutzen zu können, oder verschiedene LBS zu kombinieren müssen die Positionsdaten nicht nur erfasst, sondern auch in ein geeignetes Format kodiert werden, daß von allen beteiligten Systemkomponenten unterstützt wird.

Dafür wurden in den letzten Jahrzehnten dutzende verschiedene Datenformate entwickelt. Die meisten davon waren proprietär für die Software eines bestimmten Anbieters. Dies erschwerte den Austausch der Informationen zwischen verschiedenen Anwendungen und schränkte die Benutzbarkeit eines Dienstes auf verschiedenen Arten von Endgeräten deutlich ein.

1994 wurde daher das Open GIS Consortium, Inc. (OGC) gegründet, mit dem Ziel, basierend auf allgemein verbreiteten Software-Interfaces, eine Interoperabilität zwischen verschiedenen GIS zu ermöglichen. In Zusammenarbeit mit dem WorldWideWeb Consortium (W3C) entstand im Jahr 1999 die erste Spezifikation der Geography Markup Language (GML).

GML ist eine, in Version 1.0 zunächst durch eine DocumentTypeDefinition (DTD), ab der Version 2.0 mittels XML-Schema definierte Erweiterung der Extensible Markup Language (XML). Es bietet ein Format für die Koordinaten und Geometrie sowie für verschiedenste Eigenschaften geographischer Objekte. Die aktuelle Version 3.0 vom Februar 2003 beinhaltet zusätzliche Optionen zur Unterstützung komplexer Geometrien, sowie zeitlicher und struktureller Beziehungen und eine erweiterte Auswahl an Maßeinheiten.

Bei herkömmlichen Systemen wurde meist eine, durch ein Programm auf dem Server des GIS generierte Darstellung der Daten an das mobile Endgerät übertragen, z.B. ein Landkartenausschnitt als jpg oder gif Bild. Dies ist für einfache Anwendungen ausreichend, bietet aber kaum Variationsmöglichkeiten für die Darstellung an verschiedenen Endgeräten, in verschiedenen Auflösungen oder angepaßt an spezielle Wünsche des Benutzers. Bei Verwendung von GML hingegen sind Inhalt und Darstellung, wie bei allen XML-basierten Formaten üblich, streng getrennt. Ein GML Dokument enthält nur die reinen Daten, ohne Vorgaben wie diese dargestellt werden sollen.

Ein weiterer Vorteil ist, daß XML von nahezu allen gängigen Internet-Browsern unterstützt wird. Es ist nicht notwendig, spezielle Software für den Client zu erwerben. Mittels XSLT (Extensible Stylesheet Language Transformation) kann ein GML Dokument zudem leicht in ein beliebiges Format konvertiert werden.

Zum Beispiel kann eine Menge von ScalableVectorGraphics (SVG) Zeichnungsobjekten erstellt werden, die dann gerendert und auf dem Bildschirm angezeigt werden können (siehe Bild 11). Für SVG gibt es zu den gängigen Browsern frei verfügbare Plug-Ins der Firma Adobe, die bei Bedarf von deren Homepage geladen werden können.

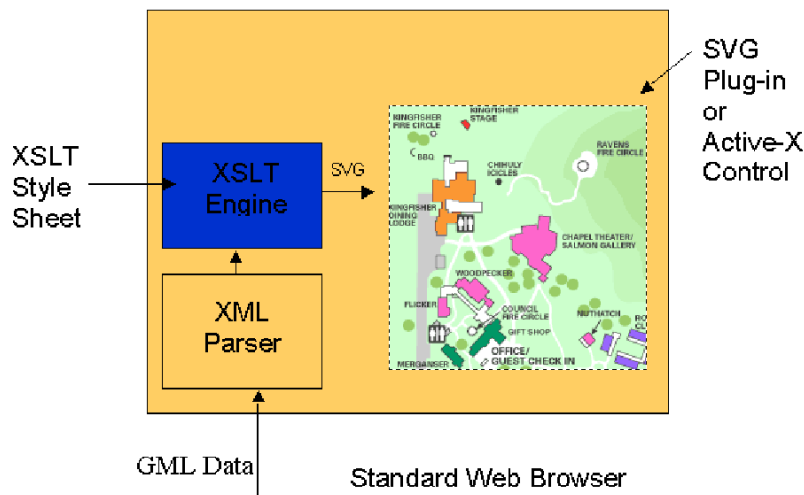


Bild 11

7. Enhanced 911 (E-911)

Unterstützung des Notrufes in den USA durch LBS

Während in Europa die Entwicklung von LBS weitestgehend durch den Wettkampf der Anbieter um Kunden vorangetrieben wird, ist die treibende Kraft in den USA eher die Regierung. Grund dafür ist die sogenannte „E-911 Verordnung“ der Federal Communications Commission (FCC) aus dem Jahr 1996, die Mobilfunkbetreiber dazu verpflichtet, die Position eines Anrufers feststellen zu können.

Ausschlaggebend für die Verordnung war die Beobachtung, daß zu dieser Zeit bereits mehr als 100.000 Notrufe pro Tag über die Nummer 911 von Mobiltelefonen ausgingen. In einem Großteil der Fälle konnten die Anrufer Ihren Standort nicht präzise angeben. Insbesondere bei Verkehrsunfällen auf Straßen in dünn besiedelten Gebieten war es daher oft äußerst schwierig für Polizei und Rettungsdienste, die Unfallstelle schnell zu finden.

Die E-911 Verordnung besteht aus zwei Phasen:

Phase I: (Umsetzungsfrist April 1998)

Dieser erste Schritt verpflichtet Mobilfunkanbieter, den Rettungsleitstellen (englisch: Public Safety Answering Points PSAP) die Telefonnummer eines mobilen Anrufers

und die Position der empfangenden Antenne auf Anfrage zu übermitteln. Diese Dienste sind unter der Bezeichnung „Automatic Number Information“ (ANI) und „Automatic Location Information“ (ALI) bekannt.

Phase II: (Umsetzungsfrist Oktober 2001)

Der zweite Entwicklungsschritt verlangt, daß die Position des Anrufers weitaus genauer bestimmt werden kann. Vorgeschrieben wird eine Genauigkeit von 410 Fuß (etwa 125 Meter) in mindestens 67% aller Fälle.

Phase I konnte von allen Anbietern angemessen erfüllt werden, die Frist für Phase II konnte jedoch kaum ein Anbieter einhalten. Immer wieder wurden Fristverlängerungen eingeräumt und Ausnahmeregelungen erteilt. Um den Druck auf die Firmen zu erhöhen, verhängte das FCC hohe Bußgelder.

Dennoch dauern die technischen Probleme bei der Umsetzung bis heute an. Erst im Juli 2003 erklärte beispielsweise AT&T wireless, die Voraussetzungen für Phase II nun erfüllen zu können.

Die Notwendigkeit für diese Dienste steigt dabei ständig weiter an. Aktuell werden bereits über 50% aller Notrufe von Mobiltelefonen aus getätigt.

Obwohl Phase II in den USA noch immer nicht vollständig umgesetzt werden konnte, gilt E-911 als Musterbeispiel, das viele Nationen weltweit übernehmen wollen. Auch die Europäische Union arbeitet an einem ähnlichen Gesetzesentwurf, der entsprechend der hier üblichen Notrufnummer e112 heißen soll.

In den USA wird inzwischen bereits eine Phase III ausgearbeitet. Diese sieht unter anderem verbesserte Authentifizierungsmethoden vor, um die Privatsphäre der Nutzer zu schützen. Desweiteren sollen Dienste hinzugefügt werden, die es ermöglichen, ein breiteres Spektrum an Informationen zu übermitteln, beispielsweise ein notfallmedizinisches Profil des Nutzers. Auch soll der Dienst auf andere mobile Endgeräte ausgeweitet werden.

8. Das Projekt „Local Location Assistent“ (Lol@)

Am Forschungszentrum Telekommunikation Wien (ftw) wurde im Jahr 2000 das Projekt „UMTS Applications Development“ gegründet. Eines der Ziele dieses Projektes ist die prototypische Entwicklung eines elektronischen Stadtführers in Form einer multimedialen UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) Anwendung, genannt „Local Location Assistent“ (Lol@). Als eine der ersten UMTS Anwendungen gibt dieser Prototyp einen Vorgeschmack darauf, welche Möglichkeiten Mobilfunknetze mit UMTS Technologie in Zukunft bieten könnten.

Zielgruppe von Lol@ sind Touristen in Wien, die zur Besichtigung der Stadt anstelle eines persönlichen Touristenführers oder eines Reiseführers in Buchform künftig UMTS-Geräte benutzen könnten, um Sehenswürdigkeiten zu finden und

Wissenswertes über diese zu erfahren. Dies könnte den Urlaubern einen Teil des ansonsten vor Reiseantritt notwendigen Planungsaufwandes ersparen.

Um dem Gast die Orientierung in der Stadt erleichtern zu können und dabei zu helfen, den Aufenthalt so angenehm wie möglich zu gestalten, beinhaltet das System Lol@ folgende Angebote:

- Feststellen der Position des Benutzers
- Wegbeschreibungen zu Sehenswürdigkeiten (ausgehend vom aktuellen Standpunkt)
- Stadtpläne und Orientierungshilfen
- Routenvorschläge für Stadtbesichtigungen
- Ein Urlaubstagebuch, daß mittels Mobilfunk direkt an Angehörige Übertragen werden kann
- Informationen über die Sehenswürdigkeiten und sogenannte Points of Interest (POIs) in multimedialer Form.

Diese multimedialen Informationen zu den POIs umfassen bislang die folgenden Kategorien:

- **INFORMATION** - allgemeine Hinweise der Sehenswürdigkeit
- **DETAILS** - eine Kurzbeschreibung der Sehenswürdigkeit
- **HISTORY** - die Geschichte der Sehenswürdigkeit
- **ARCHITECTURE** - die Architektur der Sehenswürdigkeit
- **LINKS** -Verknüpfungen zu anderen thematisch verwandten Sehenswürdigkeiten
- **EVENTS** - Hinweise auf besonderen Veranstaltungen
- **VIRTUAL VISIT** - eine virtuelle Besuchertour, bestehend aus Bilder, Audio- und Videosequenzen.

Der Prototyp von Lol@ ist zunächst auf einen vordefinierten Rundgang zu ausgewählten Sehenswürdigkeiten durch den Wiener 1. Bezirk beschränkt. Der Beginn dieses Rundganges ist an einer beliebigen Stelle möglich.

Der 1. Bezirk wurde deshalb für die Entwicklung des Prototypen ausgewählt, weil dort einerseits die meisten Sehenswürdigkeiten und somit auch die meisten Touristen sind, und andererseits weil die engen, verwinkelten Gassen die höchsten technischen Ansprüche an die Lokalisierungs- und Routenbestimmungsverfahren stellen.

Wenn das System ausgereift ist und sich bewährt hat, kann es in späteren Entwicklungsphasen auf ganz Wien ausgeweitet oder auf andere Städte adaptiert werden.

Außerdem ist in der momentanen Testphase zur Benutzung des Services noch ein spezielles Endgerät notwendig (siehe Bild 12), daß per Touchscreen und mittels Spracheingabe gesteuert werden kann. In Zukunft soll es aber möglich sein, die

Software direkt auf das eigene UMTS-Handy zu laden und dort auszuführen. Das Ausleihen spezieller Endgeräte wird also nicht nötig sein.



Bild 12 (Quellen[13])

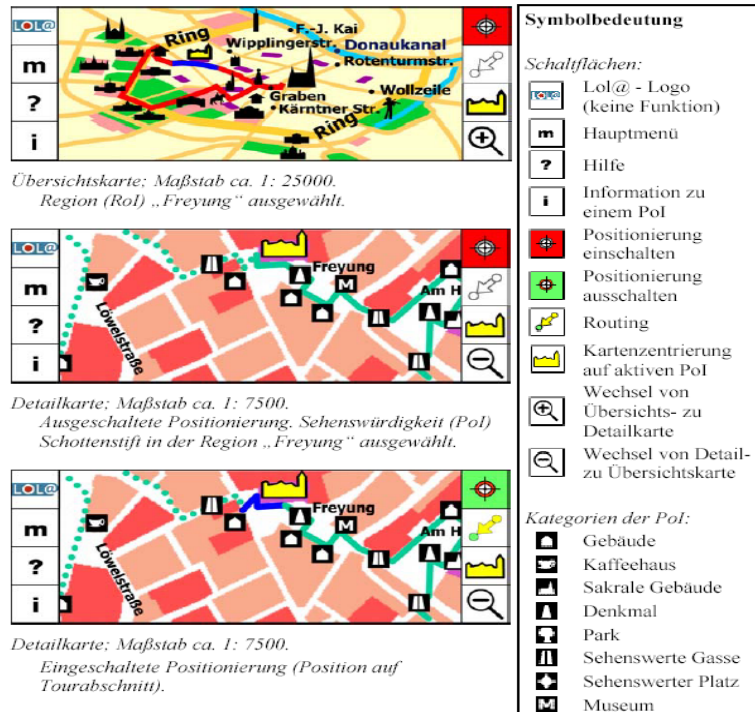
Zur Lokalisierung der Nutzer werden bei Lol@ verschiedene Verfahren kombiniert. Über die aktuell verwendete Cell-ID des Endgerätes (Mobiltelefons) kann zunächst der ungefähre Aufenthaltsort auf 50 bis 100 Meter genau bestimmt werden. Verfügt das Gerät über einen GPS-Empfänger, wird zusätzlich die GPS Technologie verwendet, um den Benutzer genauer zu lokalisieren. Als dritte Option kann der Nutzer seine tatsächliche Position am Gerät noch manuell korrigieren. Dies ist notwendig, da besonders in dicht bebauten Gebieten oftmals kein Sichtkontakt zu einer ausreichenden Anzahl an Satelliten möglich ist, um den Aufenthaltsort mittels GPS präzise feststellen zu können.



Bild 13 (Quelle [13])

Kann die Position des Nutzers mit ausreichender Genauigkeit bestimmt werden, wird die Position direkt auf einer Umgebungskarte angezeigt (Bild 13, links). Ist eine ausreichend genaue Positionsbestimmung nicht möglich, wird stattdessen eine Kreisscheibe angezeigt, deren Radius der Ungenauigkeit entspricht (Bild 13, rechts).

Hauptinstrument zur Bedienung der Software sind Funktionsbuttons am linken und rechten Rand des Displays. Die darauf abgebildeten Piktogramme sind selbsterklärend und machen damit eine Legende und Zeichenerklärung überflüssig (siehe Bild 14), was die Übersichtlichkeit auf den meist sehr kleinen Displays deutlich verbessert.



Bild

14 (Quelle[15])

Zum Auswählen der Informationen über einen POI bietet Lol@ eine eigene Menüoberfläche:

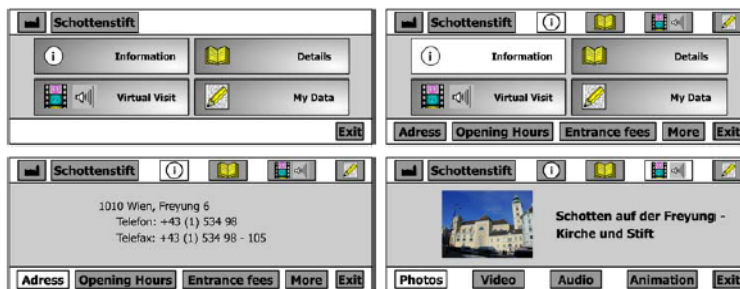


Bild 15 (Quelle [15])

Die Darstellung der interaktiven Umgebungskarten kann bei Lol@ nicht im sonst bei interaktiven Landkarten gängigen Format ACGM erfolgen, da die dazu notwendigen PlugIns an den Endgeräten nicht immer zur Verfügung stehen. Stattdessen wird eine JAVA-basierte Lösung auf Grundlage des Programmes WebKis der Firma GISQuadrat verwendet, die nur die Java VM (Virtual Machine) voraussetzt, welche zum Standart von UMTS-Geräten gehört

Der große Unterschied zu bereits existierenden elektronischen Reiseführern liegt darin, daß die Lol@-Endgeräte wenn möglich ständig mittels UMTS oder GPRS mit den Anwendungs-Servern verbunden sind. Dies stellt sicher, daß die Nutzer stets aktuelle und ihrem Benutzerprofil entsprechende Informationen erhalten können. Also die *richtige Information*, zur *richtigen Zeit*, und, durch die Möglichkeit der Lokalisierung des Nutzer, auch am *richtigen Ort*. (Quelle [13],[14],[15],[16])

9. Ausblick

Die vorhergehenden Beispiel haben gezeigt, daß die verschiedenen Techniken zur der Positionsbestimmung bereits heute ein sehr großes Potetial für LBS bieten. Dennoch steht dieser Bereich erst am Anfang seiner Entwicklung. Noch sind die Ortungsverfahren für viele Anwendungen zu ungenau, die notwendige Infrastrukturen nicht flächendeckend verfügbar, die benötigten Hardwarekomponenten zu teuer. Der Druck der Regierung sowie die Konkurrenz der Mobilfunkbetreiber um Marktanteile treibt die Forschung jedoch in rasantem Tempo voran. Geoinformationssysteme werden automatisiert, Mobilfunknetze ausgebaut, leistungsfähigere Endgeräte entwickelt. Dadurch könnten schon bald LBS-Anwendungen zu unserem Alltag gehören, die zur Zeit noch absolut undenkbar sind.

Quellen:

- [1] Jörg Roth; Mobile Computing; 2002 dpunkt.verlag
- [2] Manfred Bauer; Vermessung und Ortung mit Satelliten, 2003 Wichmann Verlag
- [3] Albrecht Schließer; Satelliten-Vermessungssysteme; Skript der FH-München
- [4] Jochen Schiller; Mobilkommunikation; 2000 Addison-Wesley
- [5] Andrew S. Tanenbaum; Computer Networks; 2003 Pearson Education International
- [6] Lothar; Geoinformatik; SS 2003 Skript der FH-München
- [7] Unbekannt; GIS-Anwendung; WS 2003 Skript der TU-München
- [8] Unbekannt; Bedeutung der Höhenintegration in GIS; WS 2003 Skript der TU-München
- [9] Harry Niedzwiadek; Where's the Value in Location Services?; 2002
- [10] Neil Chan; Introduction to Location-Based Services; Lund University GIS Centre; 2003
- [11] Ian Koepfel; What are Location Services? – From a GIS Perspective; 2000
- [12] Unbekannt; Utah to Track Olympic Athletes with AVL Technology; GEOWorld January 2002
- [13] Martina Umlauf; LoL@, a Mobile Tourist Guide for UMTS
- [14] PRESSEINFORMATION des Forschungszentrum Telekommunikation Wien; LoL@ führt durch die Wiener Innenstadt; 7. Juni 2002
- [15] Beatrix BRUNNER; Visualisierungskonzepte für die Entwicklung kartenbasierter Routing-Applikationen im UMTS-Bereich;
- [16] Susanne Uhlirz; LoL@ - City Guide

Weblinks

<http://www.cc.gatech.edu/fce/smartfloor/>
<http://www.opengis.org/functional/?page=ols>
<http://omnibus.uni-freiburg.de/~ehrentra/GPSmain.html#Gliederung>
http://gio.uni-muenster.de/beitraege/ausg96_1/schmitz_meth_gps/iwu-pap3.htm
<http://www.cambridge.intel-research.net/~jscott/pubfiles/ns-ubicomp2002.pdf>
http://www.ifi.unizh.ch/~riedl/lectures/MK_6.pdf
http://www.thebmc.co.uk/safety/advice/articles/issue19_gps.pdf
http://gio.uni-muenster.de/beitraege/ausg96_1/schmitz_meth_gps/iwu-pap2.htm
http://www.ericsson.com/mobilityworld/sub/open/technologies/mobile_positioning/about/mps_system_overview
<http://www.energy-programming.com/sms/mps.htm>
<http://www.galdosinc.com/technology-index.html>
<http://xml.coverpages.org/ni2003-02-06-c.html>
<http://www.itsa.org/ITSNEWS.NSF/0/75bd556420aae3b185256be3003d59e4>
http://www.911dispatch.com/911_file/tdoa.html
<http://www2.cr.nps.gov/gis/gisgraphics/orbitsgis.gif>
http://gio.uni-muenster.de/beitraege/ausg96_1/schmitz_meth_gps/iwu-pap3.htm
http://www.fas.org/spp/military/docops/army/ref_text/Image2007.gif