

Jean-Marie Zogg, Dušan Živadinović

# **GPS im Haus**

## Ortung per Handy: Funktion und Verfeinerung

Ob und was für Zerstreuungen oder Einkaufsgelegenheiten selbst solche Orte bieten, die ihre Sehenswürdigkeit meisterhaft verbergen, das verraten Handys mittels Location Based Services. Woher und wie genau sie überhaupt wissen können, wo wir gerade sind, erklärt dieser Artikel.

ie Positionsbestimmung im Handy war ursprünglich nur Mittel zum Zweck – man hat sie für ortsbezogene Dienste entwickelt, Location Based Services (LBS). Inzwischen wird die Ortung im Mobilfunk kontrovers diskutiert, weil sie Fragen aus dem Bereich Datenschutz aufwirft, bei Strafverfolgern Begehrlichkeiten weckt, und überhaupt eine fast schon

verwirrende Vielfalt an Ortungstechniken mit verschiedenen Genauigkeiten zu sehr unterschiedlichen Kosten die Übersicht erschwert. Nach anfänglicher Euphorie und ersten interessanten LBS-Angeboten halten sich Netzbetreiber beim LBS-Thema nun zurück.

Doch aus der Erstarrung könnte bald Bewegung werden, denn die EU erwägt Ortungstechniken in Handys vorzuschreiben, damit künftig jedes Handy bei Notrufen den Anruferstandort automatisch übermitteln kann. Studien zeigen nämlich, dass 60 Prozent der Anrufer in Notfallsituationen ihren Standort nicht präzise genug angeben können, und 98 Prozent dieser Anrufer melden sich mit einem Handy - nur zwei Prozent per Festnetztelefon. Da im EU-. Raum jährlich rund 80 Millionen Notfall-Anrufe zustande kommen und 50 Prozent davon per Mobiltelefon, scheint dringender Bedarf an präzisen Ortungstechniken gegeben. Wenn die erstmal implementiert sind, dürfte das LBS-Angeboten neuen Auftrieb geben.

Für die Ortung in Handys kommen prinzipiell zwei völlig verschiedene Verfahren in Frage. Man könnte Mobilnetze und Handys so ausrüsten, dass sie einen oder mehrere netzinterne Parameter für die Ortung auswerten, oder man könnte Module für das satellitengestützte Global Positioning System im

großen Stil in Handys implementieren (GPS). Die Verfahren haben verschiedene Vor- und Nachteile, sodass sie auf den ersten Blick gleichwertig erscheinen. Wir stellen daher beide detailliert vor.

Zu Beginn der Ortungshistorie im Handy hatte GPS schlech-

#### Wer weiß wo

Location Based Services, ortsbezogene Dienste, kann man grob in drei Gruppen unterteilen: 1. Tracing Services, die Sicherheit, Diebstahlvorbeugung, Notrufer-Lokalisierung, Abschlepp- und Service-Dienste umfassen oder auch Fragen nach der nächstgelegenen Tankstelle oder nächstgelegenen Werkstatt beantworten, 2. Flotten-und Fracht-Management und Service-Koordinierung sowie 3. allgemeine Navigation von A nach B für Fahrzeuge und Fußgänger.

222 c't 2004, Heft 20



Zielfahndung für Rettungsdienste: GPS und GSM in Kombination

tere Karten. Es gibt zwar schon Handys mit GPS-Ortung, etwa von Benefon oder Garmin, doch kommen sie als Wegweiser für Rettungsdienste nicht in Frage, weil die GPS-Module dieser Handy-Generation die Satelliten-Signale in Gebäuden wegen zu starker Dämpfung kaum "sehen" (www.benefon.com, www.garmin.com).

#### Mobilfunk gegen GPS

Daher, und auch weil eine netzinterne Lösung auf einen Schlag allen eingebuchten Handys Ortungsfunktionen beschert, haben viele Netzbetreiber anfangs lieber auf GPS-unabhängige Methoden gesetzt, von denen die Normungsgremien ETSI und 3GPP eine ganze Reihe spezifiziert haben [1, 2, 3, 4]. In allen Fällen muss das Handy im Mobilnetz eingebucht sein, und die Position wird von den Koordinaten der Basisstationen abgeleitet, die ja den Netzbetreibern bekannt sind.

Je nach Verfahren bekommt das Handy entweder geografische Koordinaten (Länge und Breite) oder auch nur relative Angaben mit Bezug auf einen Standort in der Nähe – etwa so: "Sie befinden sich im Umkreis von 500 Metern des Reiter-Denkmals".

## Ortung für alle Handys auf einmal

In Europa kommen nur zwei solcher Verfahren vor – überwiegend die Cell-ID-Methode (Cell-Identification), vereinzelt auch TA (Timing Advance). Die Positionsbestimmung kann entweder unmittelbar im Handy oder im Mobilnetz erfolgen. Bei Cell-ID wird die Position anhand der Funk-Zelle (Cell-ID) ermittelt, mit der ein eingebuchtes Handy gerade in Verbindung steht. Das Verfahren wird auch Cell of Origin (COO) und Cell Global Identity (CGI) genannt.

Die Genauigkeit lässt viel zu wünschen übrig, denn sie hängt vom Radius der Zelle ab und reicht von rund 100 Metern in dicht versorgten städtischen Gebieten bis hin zu 30 km in ländlichen Gebieten. In modernen Netzen sind die Zellen in je drei Sektoren unterteilt, sodass sich die Richtung des Handys im Verhältnis zur Basisstation grob abschätzen lässt.

Ein Vorteil der Cell-ID-Technik liegt darin, dass der letzte bekannte Stand-

ort, die zuletzt benutzte Mobilfunkfunkzelle eines Teilnehmers GSM-intern im Home Location Register, HLR, erfasst ist. Mankann also grob abschätzen, wo er sich befindet, auch wenn der

Funkkontakt etwa wegen leer gelaufenem Akku abgerissen ist.

#### **Timing Advance**

Kombiniert man Cell-ID mit dem Timing-Advance-Verfahren (TA), lässt sich die Genauigkeit ein wenig erhöhen. Ursprünglich haben die GSM-Entwickler den TA-Parameter für etwas ganz anderes spezifiziert, nämlich für die Synchronisierung von Handy und Base Transceiver Station (BTS, Basisstation) bei unterschiedlichen Entfernungen zwischen den beiden. Denn damit Handy und Basisstation "im selben Takt" sind, muss man die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Funkwellen berücksichtigen (300 000 km/s). Das regelt der Parameter Timing Advance. Je nachdem, wie weit das Handy von der aktuellen Basisstation entfernt ist, muss es seine Daten etwas früher absenden, damit sie exakt zum richtigen Zeitpunkt in der BTS ankommen.

Für Timing Advance sind Werte zwischen 0 und 63 definiert. Wenn die Basisstation das Handy anweist, den TA-Wert 0 zu benutzen, ist es so nahe, dass keine Zeitverschiebung erforderlich ist. Der höchste TA-Wert (63) entspricht dem maximal zulässigen GSM-Zellradius von 34,88 km. Die Schrittweite beträgt 553,8 Meter.

#### Ankunftszeiten ...

Ein in anderen Bereichen probates Mittel zur Positionsbestimmung ist die Triangulierung in Kombination mit Laufzeitbestimmungen. Im GSM-Mobilfunk wendet man sie an, wenn mindestens drei benachbarte Basisstationen die Sendesignale eines Handys empfangen. Dafür misst man zunächst die Laufzeiten zu drei Basisstationen (t1, t2 und t3), und berechnet daraus die einzelnen Distanzen (R1, R2 und R3), die in die Triangulierung einfließen. So lässt sich je nach Netztopologie eine Genauigkeit von 100 bis 200 Metern erzielen.

#### ... und Zeitunterschiede

Bei der Ortung mittels Enhanced Observed Time Difference (E-OTD) nutzt man

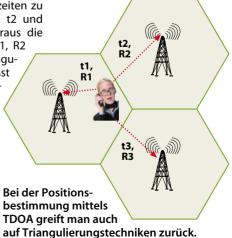


Die Lokalisierung allein über die Mobilfunkzelle hat etwa die Genauigkeit einer Wünschelrute.

aus, dass Handys Burst-Signale benachbarter Basisstationen empfangen. Um die Position mittels E-OTD zu bestimmen. müssen sich Handys die Empfangszeiten der Bursts merken. In Kombination mit den erhaltenen Koordinaten der Basisstationen, den Eingangszeitpunkten der jeweiligen Bursts sowie den Zeitdifferenzen zwischen den Bursts können die Handys dann ähnlich TDOA mittels Dreiecksberechnungen die Position bestimmen - mit dem Unterschied, dass eine zusätzlich in der Basisstation eingebaute Location Measurement Unit (LMU) eine genaue Zeitbasis für die Berechnungen liefert.

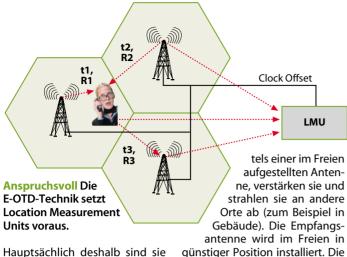
#### **Technisch reizvoll**

Insgesamt erscheinen die Ortungsverfahren, die auf Mobilnetz-Parametern gründen, technisch sehr reizvoll. Wenn jedoch die Position auf einige Meter genau bestimmt werden muss, steigt der Aufwand erheblich und für diese präziseren Methoden muss man sowohl Netzwerken als auch Handys neue Funktionen beibringen – das erhöht die Kosten und senkt bei allen Beteiligten das Interesse.



Lokalisierung anhand von Laufzeiten Etwas höhere Genauigkeit

c't 2004, Heft 20 223



Hauptsächlich deshalb sind sie in Europa nicht gebräuchlich.

Auch stehen vor allem für Techniken, die Funkkontakte zu mehreren Basisstationen brauchen, die Chancen schlecht, denn diese Voraussetzung ist nicht überall gegeben. In vielen Gebieten (z. B. auf Autobahnen und in Gebieten außerhalb von Ballungszentren) sowie in Bauten besteht oft nur Verbindung zu einer Funkzelle.

#### **GPS unterm Dach**

Schon daher erscheint das Global Positioning System trotz höherer Kosten bei der Handy-Fertigung attraktiver, zumal in den letzten fünf Jahren der Stromverbrauch von GPS-Modulen kontinuierlich gesunken ist und damit eines der Hauptargumente gegen zusätzliche Bauteile im Handy weniger schwer wiegt (das bringen verbesserte Halbleiterprozesse und verkürzte Einschaltzeiten mit sich).

Doch GPS wurde ursprünglich nicht für Anwendungen in geschlossenen Räumen konzipiert. In Gebäuden kommen die Signale daher darart stark abgeschwächt an (mit rund 10 bis 30 dB Verlust), dass eine Positionsbestimmung mit bisherigen Empfängern nicht möglich ist. Viele Hersteller suchen daher nach Wegen, die Empfangseigenschaften zu verbessern, was auch der GPS-Entwicklung in Handys zugute kommt.

#### Sprechen Sie mir nach ...

Es gibt bereits zwei Gerätearten, die sie theoretisch einsetzen könnten, nämlich Pseudolite oder GPS-Repeater. GPS-Repeater, auch Reradiation-Antenna oder Transceiver genannt, empfangen die GPS-Signale der ihnen sichtbaren Satelliten mit-



verstärkt weiter (v. l.: Außenantenne, Netzteil, Verstärker und Innenantenne).

GPS. Ein Pseudolite (Kürzel für Pseudo-Satellite) ist ein bodengebundener Sender, der einen GPS-Satelliten nachahmt. Pseudolites werden gelegentlich zur Unterstützung von Landeanflügen eingesetzt. Doch weil sowohl Repeater als auch Pseudolite zu teuer sind und im Prinzip überall installiert werden müssten, wo der GPS-Empfang zu schwach ist, aber via Handy telefoniert wird, geht man andere Wege.

Sendeantenne, die das "ein-

gefangene" Signal wieder ab-

strahlt, benötigt keinen Anten-

nenanschluss ans eigentliche

GPS-Gerät, etwa ein Handy mit

Im Fokus sind vor allem erhöhte Eingangsempfindlichkeit, schnellere Akquisition nach dem Einschalten des Empfängers (time to first fix, TTFF) oder auch erhöhte Störunempfindlichkeit, etwa gegen Interferenzen durch Mehrwegeausbreitung (Multipath). Zum besseren Verständnis der teilweise komplexen Möglichkeiten beschreiben wir zunächst die Funktionsweise konventioneller GPS-Empfänger in Grundzügen.

#### Konventionelle **Empfänger**

Alle GPS-Satelliten (zurzeit 29 aktive) senden für zivile Zwecke auf 1575,42 MHz. Als Vielfach-Zugriffsverfahren, mittels dem sich die einzelnen Satelliten unterscheiden lassen, kommt Code Division Multiple Access zum Einsatz (CDMA). Jeder Satellit ist daher an seinem eigenen Code-Muster erkennbar, dem Coarse-Acquisition-Code, C/A-Code. Er besteht aus 1023 scheinbar zufällig angeordneten Nullen und Einsen und die Sendedauer beträgt 1 ms/1023 (1 023 000 Bit/s). Der C/A-Code wird ständig wiederholt und dient dem Empfänger zur Identifikation des Satelliten sowie zur Laufzeitmessung. Die Gewinnung des Signals und die Identifikation der Satelliten erfolgt mittels Korrelation - darum muss der Empfänger alle aktuellen C/A-Codes kennen.

2. 25 HD

#### Mehr-Arbeit

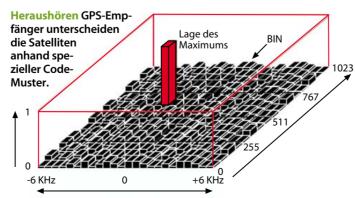
Beim Empfang muss man berücksichtigen, dass sich Satellit und Empfänger zueinander bewegen, sodass das vom Satelliten ausgesendete Signal in der Frequenz verschoben ankommt (bis zu 6 kHz, so genannter Dopplereffekt). Deshalb muss der Empfänger einen größeren Frequenzbereich abklopfen, als man zunächst aufgrund der Sendefrequenz vermutet.

Die Signallaufzeitbestimmung und Datenrückgewinnung erfolgt mittels Autokreuzkorrelation (durch Variation der Frequenz und des Codes). Durch systematisches Verschieben der Frequenz und Vergleichen aller Codes mit allen ankommenden Satellitensignalen ergibt sich zu einem bestimmten Zeitpunkt eine vollständige Übereinstimmung mit einem Code (der Korrelationsfaktor ist 1). Eine Suchposition in der Code-Frequenzebene wird bin genannt (englisch: Kasten, Behälter).

Eine GPS-Empfangsstufe lässt sich in die HF-Stufe und den Signalprozessor mit Controller unterteilen. Aufgabe der HF-Stufe ist, das HF-Signal zu verstärken (mit dem Low Noise Amplifier LNA), zu regeln, auf eine tiefere Frequenz herabzusetzen und zu digitalisieren. Die tiefere Frequenz (1 bis 6 MHz ) bevorzugt man, weil die Signalverarbeitung einfacher ist und weniger Strom braucht, als eine von 1575,42 MHz. Die Korrelation mit dem GPS-Signal erfolgt in der zweiten Stufe. Pro Empfangskanal (in der Regel 8 bis 16) ist mindestens eine Korrelationsstufe vorhanden.

#### Leiser als das Rauschen

Ein Blick auf einige GPS-Empfangswerte zeigt, wie feinfühlig bereits die "einfachen" Empfangsmodule sein müssen, die das Signal im Freien empfangen sollen. Die GPS-Macher (Department of Defense, USA) versprechen nämlich unter freiem Himmel einen Pegel von mindestens -160 dBW (-130 dBm). Demgegenüber tun sich viele Bluetooth-Geräte schon mit deutlich lauteren Pegeln von -80 dBm schwer und stoßen mit ihren



224 c't 2004, Heft 20

#### Schema eines GPS-Empfängers

Nachrichtentechnische Kunstgriffe inbegriffen.

simplen Rundstrahlantennen an ihre Grenzen (sie sind aber auch deutlich einfacher geschnitzt und damit preiswerter als GPS-Empfänger).

#### **Technische Kunstgriffe**

Hinzu kommt, dass das Maximum der spektralen Leistungsdichte von empfangenen GPS-Signalen nur –190 dBm pro Hertz beträgt, also sogar unter der spektralen Rauschleistungsdichte liegt (rund –174 dBm/Hz bei 290 K respektive 17 Grad Celsius). Das GPS-Signal ist also selbst im besten Fall 16 dB schwächer als das Rauschen.

Dieses Problem haben die GPS-Entwickler mittels nachrichtentechnischer Kunstgriffe gelöst – ein spezielles Demodulationsverfahren sowie eine Rückspreizung erhöhen die Leistungsdichte des GPS-Empfangs-

Antenne 1575,42 MHz HF-7F-Signalprozessor und Controller Filter Filter **HF-Stufe** Signal-Digitale ZF Prozessor Daten und Misch-AGC-ADC Mikro-Steuerung stufe Stufe controller Korre-AGClator Kontrolle Lokal Kontrolle Oszillator Interface Speicher Synch. Referenz **Timing** Zeitbasis C/A-Oszillator Code-Ge (RTC) nerator Quarz Ц∎⊦ Quarz

sehr effizient – doch in der Praxis kommen sie wegen deutlich größerer Abmessungen nicht in Frage, weil sie der erwünschten Miniaturisierung von Handys entgegenstehen.

Schon eher eignen sich rauscharme Eingangsstufen in Kombination mit hohen Verstärkungen, denn diese Verbesserungen bekommt man ohne Größenzunahme. Allerdings lässt sich die Emp

Untersuchungen haben gezeigt, dass gewöhnliche Quarz-Oszillatoren Mikrosprünge in der Schwingfrequenz auslösen können [5]. Ursache dieser zufälligen Schwankungen sind in der Regel Verunreinigungen im Quarz. Aufgrund dieser plötzlichen Verschiebungen der Schwingfrequenz verlängert sich die Akquisitionszeit, da der Suchvorgang in der Frequenz-

Signal-Rauschabstandes: GR = log10 (k).

Eine Verdoppelung der Verweilzeit erhöht den Signal-Rauschabstand beziehungsweise die Empfindlichkeit spürbar, nämlich um 3 dB. In der Praxis ist eine Verlängerung der Korrelationszeit auf 20 ms unproblematisch. Ist der Almanach aktuell und damit der Wert der übertragenen Datenbits bekannt, kann man diesen Wert sogar noch weiter erhöhen.

# Vereinfachtes Blockschaltbild F<sub>LNA</sub> (dB) F<sub>WS</sub> (dB) F ws (dB) F ws (dB) Code Fhone heim Korrelations

Vereinfachtes Blockschaltbild zum Verhältnis zwischen Rauschmaß und Verstärkung.

signals (der so genannte Systemgewinn, GG, steigt), sodass es danach 27 dB über dem Rauschen liegt (siehe Diagramme rechts unten).

#### Bessere GPS-Empfänger

In Gebäuden liegen die Empfangswerte vor der Signalverarbeitung durchaus noch 30 dB und mehr unter denen im freien Feld, sodass man schnell eingesehen hat, dass allein mit den Mitteln der Signalverarbeitung keine ausreichende Verbesserung zu erzielen ist. Daher haben Nachrichtentechniker alle Glieder der Empfangskette untersucht – mit sehr unterschiedlichen Ergebnissen.

Prinzipiell könnte man bessere Antennen und Empfangsstufen einsetzen. Besonders Antennen, die weniger empfindlich auf Störungen reagieren und GPS selektiv empfangen, wären

Herauskorreliert Die spektrale Leistungsdichte des korrelierten Signals liegt am Ende doch über der des Rauschens. findlichkeit damit nur geringfügig steigern. Wie bei jedem Empfänger bestimmt nämlich vor allem die erste Stufe (LNA) das Rauschverhalten des gesamten Empfängers. Den Zusammenhang erläutert das vereinfachte Blockschaltbild mit dem LNA und den zusammengefassten weiteren Stufen (WS). F stellt das Rauschmaß der Stufe in dB dar, G steht für die Verstärkung der Stufe.

Mit einer Verstärkung von typisch 20 dB und einem Eigenrauschen des Verstärkers von typisch 1,6 dB bei neueren LNA-Entwicklungen sind jedoch nur noch marginale Verbesserungen möglich. Code-Ebene beim Korrelationsvorgang gestört wird. Quarzoszillatoren mit verringerter Tendenz zu Mikrosprüngen können diese Störung mildern.

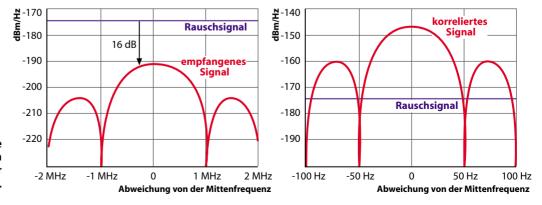
#### Korrelatoren

Die Empfindlichkeit eines GPS-Moduls steigt jedoch deutlich, wenn man die Korrelationsdauer verlängert (Verweilzeit oder Dwell-Time). Je länger ein Korrelator in einer bestimmen Position der Code-Frequenz-Ebene verweilt, desto schwächer darf das empfangene GPS-Signal sein. Wird die Integrationszeit um den Faktor k erhöht, ergibt sich eine Vergrößerung (GR) des

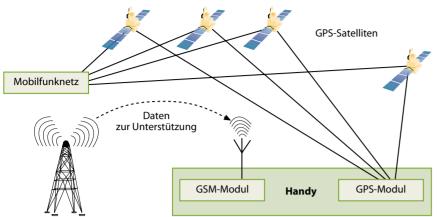
### Dehnbare Verweildauer

Aus rein praktischen Gründen kann man die Verweildauer natürlich nicht beliebig dehnen – schon allein deshalb nicht, weil GPS-Empfänger im Handy aus Stromspargründen nicht immer in Betrieb sind. Das bedeutet nämlich, dass die gespeicherte Satelliten-Position und der Almanach oft veraltet sind und der GPS-Empfänger einen neuen Suchlauf starten muss, um Satelliten zu finden, Daten zu laden und die Position neu zu berechnen.

Und ein vollständiger Suchlauf dauert lange. Die Verweilzeit pro Position in der Code-Frequenz-Ebene beträgt im Normalfall mindestens 1 ms (eine C/A-



c't 2004, Heft 20 225



GPS-Souffleur Assisted-GPS liefert die wichtigsten GPS-Daten auf Zuruf. die EU allerdings eine hohe Präzision für Rettungsdienste einfordert, dürften die Würfel für GPS-Handys gefallen sein. (dz)

Jean-Marie Zogg ist Professor für Elektronik und Elektrotechnik in der Abteilung Telekommunikation an der Hochschule für Technik und Wirtschaft in Chur, Schweiz.

#### Literatur

- [1] TS 03.71, Location Services (LCS), Functional description Stage 2, Spezifikation des 3GPP-Gremiums, www.3gpp.org
- [2] TS 04.31, Location Services (LCS), Mobile Station – Serving Mobile Location Centre, Radio Resource LCS Protocol, Spezifikation des 3GPP-Gremiums, www.3gpp.org
- [3] TS 44.035, Location Services (LCS), Broadcast network assistance for Enhanced Observed Time Difference and Global Positioning System positioning methods, Spezifikation des 3GPP-Gremiums, www.3gpp.org
- [4] TS 04.35, Location Services (LCS), Broadcast network assistance for Enhanced Observed Time Difference and Global Positioning System positioning methods, Spezifikation des 3GPP-Gremiums, www.3gpp.org
- [5] GPS-World, November 2003: Vittorini und Robinson: Optimizing Indoor GPS Performance
- [6] TS 101 724, Digital cellular telecommunications system, Location Services (LCS), Functional description – Stage 2, Spezifikation des ETSI-Gremiums, www.etsi.org
- [7] Telemetrie mit GSM/SMS und GPS-Einführung, Jean-Marie Zogg, Franzis-Verlag

Code-Periode). Wird der Frequenzbereich in 50 Abschnitte unterteilt (sodass der Frequenzintervall 2 × 6000/50 Hz = 240 Hz beträgt), gibt es bis zu 1023 × 50 = 51 150 abzusuchende Positionen (bins), was einer maximalen Suchdauer von 51 Sekunden entspricht. Bei einer Verweilzeit von 100 ms würde die Suche schon bis zu 30 Minuten dauern

Um trotzdem eine hohe Empfindlichkeit zu erzielen, wurde die Anzahl der implementierten Korrelatoren zunächst auf einige 10 000 erhöht. Inzwischen ist die Tendenz steigend. Die kalifornische Firma SiRF erwähnt in ihren Datenblättern nun sogar schon 200 000 Korrelatoren (www.sirf.com).

Insgesamt schlagen sich die verschiedenen Maßnahmen positiv nieder. Moderne Empfänger "hören" so gut, dass sie sogar auf -160 dBm abgeschwächte GPS-Signale verwerten können - das liegt 30 dB unter dem GPS-Pegel, den man unter freiem Himmel erwartet, ermöglicht also tatsächlich den Einsatz in "dünneren" Gebäuden mit Dächern und Zimmerdecken sowie in Fensternähe. Auch ist es gelungen, die Startzeit zu verkürzen. Je nach Hersteller liefern die Geräte aufgrund diverser Verfeinerungen inzwischen schon nach 20 bis 40 Sekunden erste Positionsangaben.

#### **Assisted-GPS (A-GPS)**

Weitere Verbesserungen sind mittels Assisted-GPS möglich (A-GPS), einer Technik, die in Mobilnetze integriert werden müsste und die die Erfassungszeit verkürzt [6]. Die Integration ist zwar komplex, doch das Prinzip simpel: Man richtet im Netz GPS-Referenzstationen ein, die den Handys mit eingebautem GPS-Empfänger Hilfsdaten senden (z.B. Almanach-Daten oder Dopplerfrequenzen).

#### Mobilfunk mit GPS

Der Geschwindigkeitsgewinn liegt einfach darin, dass die im Netz eingerichteten Referenzstationen dauerhaft GPS-Signale empfangen und geeignete Paraimmer aktuell parat meter haben. Das Handy bekommt diese Daten über GSM und muss dann nicht die gesamte GPS-Litanei nachbeten. Wenn etwa die Dopplerfrequenz der Satelliten bekannt ist, muss das Handy nicht den gesamten Frequenzbereich abklappern.

Allerdings sind die Anforderungen an die A-GPS-Technik hoch. Es müssen zwei komplexe Systeme (GPS und Mobilfunknetz) vereinigt und synchronisiert werden. Einige Hardware-Hersteller wie µ-blox (www.

u-blox.com), Motorola (www. motorola.com/ies/GPS) oder SiRF bieten immerhin schon integrierte Schaltungen für A-GPS zum Einbau in Handys.

#### **Ausblick**

Inzwischen ist offen, welche Ortungstechnik sich in Handys durchsetzen wird, denn die Gewichtungen haben sich verschoben. Waren anfangs die netzbasierten Ortungstechniken im Vorteil, hat inzwischen das deutlich präzisere GPS den Vorsprung aufgeholt.

Wirtschaftliche Interessen der Nutzer dürften allerdings kaum den Ausschlag geben. Die Transportbranche etwa, die ein großes Interesse an GPS wegen des Flottenmanagements hat (Taxi-Unternehmen oder Paketdienste etwa), kann ja längst auf PDAs mit GPS-Empfängern zurückgreifen, die obendrein den Komfort größerer Displays bieten. Wenn

#### **Das GPS-Prinzip**

Mit dem Global Positioning System lassen sich auf der Erde der Standort und die Zeit ermitteln. Bei der Standortbestimmung, die nicht nur die geographische Länge und Breite, sondern auch die Höhe liefert, variiert die Genauigkeit zwischen rund 13 Metern bis zu rund 1 mm. Genauigkeiten unter 2 m sind aber nur mit viel Aufwand zu erzielen, zum Beispiel mit Differenzial-GPS. Handheld-GPS-Empfänger und auch aktuelle Handys liefern eine Genauigkeit von 13 bis 2 Metern. Die Zeitangabe weicht 5 ns bis maximal 60 ns von der Realzeit ab

(Universal Time Coordinated, UTC)

Um die vier unbekannten Größen zu bestimmen (Länge, Breite, Höhe und Zeit), bedarf es vier unabhängiger Gleichungen. Dazu muss der Empfänger mindestens vier Satelliten "sehen", um ihre Laufzeiten zu erfassen. Die Satelliten senden eine Reihe von Informationen, so genannte Navigationsnachrichten (Navigation Messages) rund um die Uhr mit 50 Bit/s.

Das sind die Satellitenzeit und Synchronisationssignale, Bahndaten des Satelliten (Ephemeriden), Zeitkorrekturinformationen zur Bestimmung der exakten Satellitenzeit, weniger genaue Bahndaten aller Satelliten (Almanach), Korrektursignale zur Berechnung der Laufzeit, diverse Daten über die Ionosphäre sowie Informationen über den technischen Zustand der Satelliten. Für die Übertragung sämtlicher Informationen braucht es bei 50 Bit/s rund 12,5 Minuten. Allerdings werden die wichtigsten Informationen (Ephemeriden und Zeitangaben eines Satelliten) im Rhythmus von maximal 30 Sekunden übermittelt [7].

ď

226 c't 2004, Heft 20