

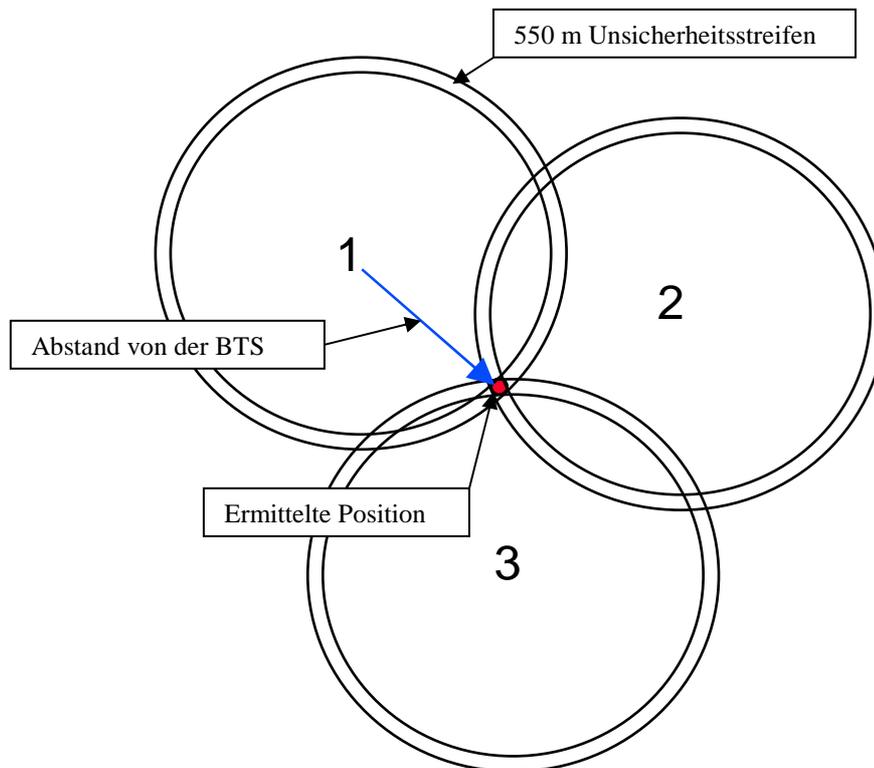
2.2 Lokalisationsverfahren

2.2.1 Netzbasierte Lokalisationsverfahren

2.2.1.1 Bestimmung über CGI + TA

Dieses Verfahren benutzt, für die Positionsbestimmung der MS, Daten die bereits im GSM Netz bedingt durch seine Funktionsweise vorhanden sind. Dies hat den Vorteil, dass keine großen Veränderungen an der bestehenden Infrastruktur nötig sind. Nachteilig ist aber die begrenzte Genauigkeit.

Eine Datenbank bildet die CGI der aktuell benutzten Funkzelle auf geographische Informationen ab. Dies würde eine Positionsgenauigkeit je nach Zellengröße von einigen hundert Metern bis fünfunddreißig Kilometern ergeben. Um diese Genauigkeit zu verbessern werden die im Abschnitt (Luftverbindung) beschriebenen TA Werte verwendet. Wie dort errechnet können über sie Laufzeitunterschiede von max. 233 μ s in 3,7 μ s Schritten korrigiert werden. Mit der Umrechnung $s=t*c*0.5$ ergibt sich eine Möglichkeit den Abstand von der BTS mit einer Genauigkeit von rund 550 m anzugeben.



Da die TA Werte nur von der BTS erzeugt werden in der die MS eingebucht ist, müssen die Abstände von den anderen zur Positionsbestimmung benötigten BTS zusätzlich ermittelt werden.

Dies geschieht entweder über Positionshandover bei denen ein asynchroner Handovervorgang eingeleitet wird der aber nach der Berechnung der TA Werte durch die neue BTS wieder abgebrochen wird (zusätzliche Belastung des Netzes durch die Handovervorgänge), oder durch die Verwendung des Network Measurement Reports (NMR). Der NMR wird erzeugt, um den geeigneten Zeitpunkt für ein Handover zu ermitteln (Siehe Abschnitt Luftverbindung). Durch den Vergleich der gesendeten und empfangenen Signalfeldstärke lassen sich Entfernungsangaben berechnen. Problematisch dabei sind aber die Mehrwegeausbreitung durch Abschattung, Reflexion, Streuung, Beugung und die Wetterabhängige Freiraumdämpfung. Um diese Probleme zu umgehen ist es möglich Karten der Empfangsfeldstärken der einzelnen BTS mit Hilfe von GPS-NMR-Messgeräten in

Postfahrzeugen oder Taxis aufzubauen. Die Daten werden in einer Datenbank erfasst, mit deren Hilfe den einzelnen NMR Werten der MS eine Position zugeordnet werden kann.

Die Genauigkeit des CGI+TA+NMR Verfahrens wird auf www.nokia.com mit 250–500 Metern im Vorstadtbereich und mit 700–1500 Metern in ländlichen Gebieten angegeben.

Sektorierte Zellen führen zu einer weiteren Steigerung der Genauigkeit.

2.2.1.2 Time Difference of Arrival (TOA oder TDOA)

Beim TDOA Verfahren wird der Laufzeitunterschied des Uplink Funksignals der MS zu mindestens drei BTS gemessen und ausgewertet (Auswertung ähnlich E-OTD). Die geographischen Koordinaten der beteiligten BTS werden wieder über ihren CGI bestimmt. Der Vorteil des Verfahrens ist die höhere Genauigkeit gegenüber dem CGI+TA Verfahren und das es mit existierenden MS funktioniert. Nachteilig sind die zusätzlichen Messeinrichtungen an den BTS und die benötigten Location Management Units (LMU) im Netz. Da es ein netzwerkbasierendes Verfahren ist, werden die Datenschutzoptionen nur von der Netzseite her kontrolliert.

Das verwendete Signal ist der Handover Access Burst der MS (Siehe Handover). Dieses Signal wird von den beteiligten BTS aufgefangen und im Serving Mobile Location Center (SMLC) ausgewertet. Dabei ist eine einheitliche Zeitbasis der BTS für die Genauigkeit der Messung entscheidend. Diese kann z.B. durch die Nutzung der GPS Zeit erreicht werden oder man bestimmt die Zeitabweichung (RTD) über eine Location Management Unit (LMU) im Sendebereich der BTS.

2.2.1.3 Angle of Arrival (AOA)

Beim AOA Verfahren wird die Richtung des empfangenen Signals der MS von der BTS erfasst. Mehrere Antennen an der BTS erfassen die Phasendifferenz des Signals und aus diesen Informationen wird der Eingangswinkel berechnet.

Zur Bestimmung der Position einer MS wird der Schnittpunkt der Richtungsgeraden errechnet, dafür wird die Information von mindestens zwei BTS benötigt. Die geographischen Koordinaten der beteiligten BTS werden wieder über ihren CGI bestimmt. Der Vorteil des Verfahrens ist das mit den vorhandenen MS funktioniert und das zur Positionsbestimmung nur mindestens zwei BTS benötigt werden. Nachteilig sind die benötigten Antennenerweiterungen der BTS.



Quelle: www.geometrix911.com

2.2.1.4 Testergebnisse

Um einen ungefähren Eindruck von der Genauigkeit netzwerkbasierter Verfahren zu bekommen möchte ich einen Test eines solchen Systems vorstellen. (Quelle: www.pulver.com) Stand: 24.10.2001

Es wurde das Geometrix System (<http://www.geometrix911.com/e911.html>), eine Kombination von TOA und AOA Lokalisationsverfahren, getestet. Die verwendete Infrastruktur war im Gegensatz zu europäischen GSM Netzen ein Netz mit CDMA. Aber da das Verfahren laut Anbieter auch für TDMA Netze geeignet ist, stelle ich die Ergebnisse trotzdem vor.

St. Clair County, Illinois, E911 Phase II
test results

Environment	67% (a)	95% (b)	Fixes (c)
Urban	N.A	N.A.	N.A.
Suburban	56.9	186.9	1320
Rural	55.1	98.6	1317
Highway	44.6	101.9	633
PSAP selected(d)	53.6	131.6	333

(a)Accuracy in meters for 67% of calls

(b)Accuracy in meters for 95% of calls

(c)Number of fixes measured in a given environment

(d)Points selected for measurement by PSAP (Public Safety Answering point).

Lake County, Indiana, E911 Phase II
test results

Location	67%	95%	Fixes
Urban	59.4	128.8	1143
Suburban	46.6	98.6	1114
Rural	46.5	91.0	1691
Highway	50.0	111.6	1625
PSAP selected	53.6	131.6	333

Es gab dabei laut www.pulver.com keinen signifikanten Unterschied zwischen Messungen die innerhalb und außerhalb von Häusern , in stehenden und fahrenden Fahrzeugen durchgeführt wurden

2.2.2 MS basierte Verfahren

2.2.2.1 Enhanced Observed Time Difference (E-OTD)

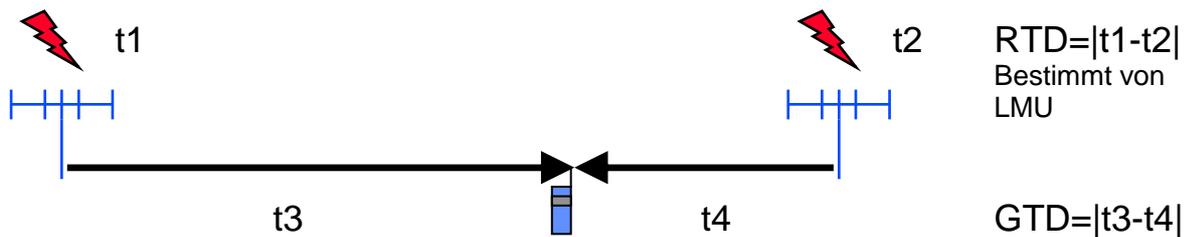
Im Unterschied zu TDOA wird hier der Laufzeitunterschied der Downlinksignale gemessen. Anhand der Bursts von mindestens drei BTS werden in der MS die Signalankunftszeiten erfasst und anhand dieser Information, unter Berücksichtigung eventueller Mehrwege Ausbreitungen, die Position berechnet. Die geographischen Koordinaten der beteiligten BTS werden wieder über ihren CGI bestimmt. Der Vorteil dieses Verfahrens ist die höhere Genauigkeit im Vergleich zu Netzbasierten Systemen und die bessere Datenschutzkontrolle direkt über die MS. Nachteilig ist das das Verfahren nicht mit bestehenden MS funktioniert (evtl. über SimToolkit Applikationen GSM 2.19), die benötigten LMU's und der höhere Verkehr auf der Luftschnittstelle zum übersenden des Ergebnisses.

Es gibt zwei Möglichkeiten aus den Gewonnenen Daten der MS und der LMU die Position zu bestimmen.

2.2.2.1.1 Hyperbolische Trilateration

Da die Sendezeitpunkte der BTS nicht synchronisiert werden, muß die Real Time Difference (RTD) im Netz über die LMU's bestimmt werden. Aus den Signalankunftszeiten der BTS die die MS misst, wird die Observed Time Difference (OTD) bestimmt. Mit der OTD und der RTD lässt sich dann die Geometric Time Difference (GTD) bestimmen.

$$OTD = GTD + RTD$$



Die GTD ist die Information die Aufschluss über die Entfernung der MS zu den BTS gibt. Wenn der GTD den Wert Null annimmt, hätte die MS genau den gleichen Abstand zu den jeweiligen BTS. Wenn nun die Daten dreier BTS verarbeitet werden ergeben sich daraus zwei Hyperbeln mit einer gewissen Unsicherheitsbreite deren Schnittpunkt die gesuchte Position ist. Je mehr BTS beteiligt sind, um so mehr Hyperbeln können errechnet werden, um die Genauigkeit des Ergebnisses zu verbessern



Quelle: www.geometrix911.com

2.2.2.1.2 Kreisverfahren

Bei diesen Verfahren wird die Ankunftszeit der BTS-Signale ausgewertet.

Die Berechnung erfolgt über folgende Formel:

$$DMB - DLB = v(MOT - LOT + \varepsilon)$$

Bekannte Werte:

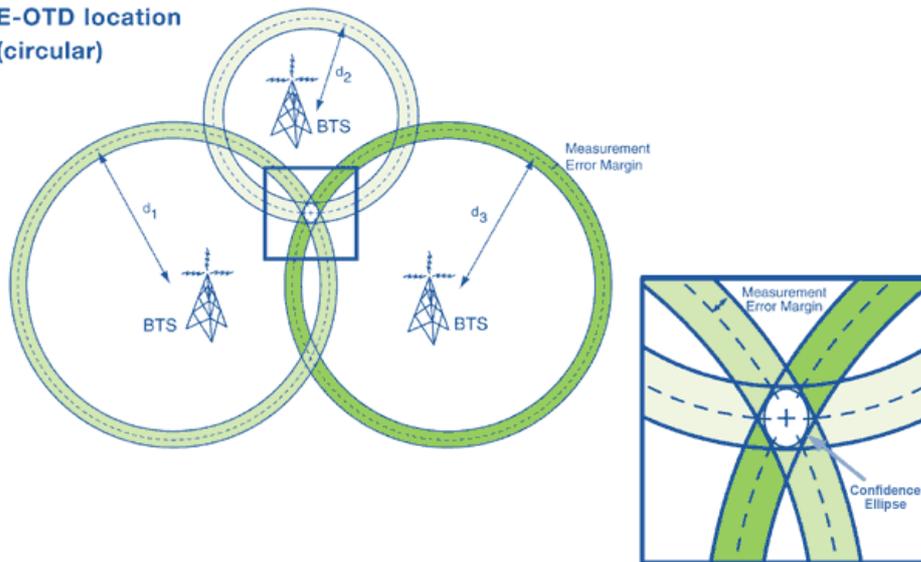
MOT stellt die Ankunftszeit des Signals an der MS dar. Diese Zeit wird über deren interne Uhr erfasst.
 LOT stellt die Ankunftszeit des Signals an der LMU dar. Diese Zeit wird über deren interne Uhr erfasst.
 DLB ist der Abstand der LMU von der BTS. Angegeben in Δx und Δy
 v ist die Geschwindigkeit der Radiowellen.

Unbekannte Werte:

ε ist der Zeitunterschied (Offset) zwischen den Uhren der LMU und der MS.
 DMB ist der Abstand der MS von der BTS. Angegeben in Δx und Δy

Für jede beteiligte BTS existiert eine solche Gleichung mit jeweils drei Unbekannten. Um das Gleichungssystem zu lösen und die Position der MS über DMB zu berechnen sind also mindestens die Daten von drei BTS nötig. Graphisch kann das Verfahren mit nachfolgender Abbildung verdeutlicht werden.

E-OTD location (circular)



Quelle: <http://www.cursor-system.com/>

Beide Verfahren können entweder MS based oder MS assisted implementiert werden. Beim ersten erhält die MS über einen Cell Broadcast alle benötigten Informationen und führt die Berechnung selbst durch. Beim zweiten übersendet die MS die Informationen über die Laufzeiten an das SMLC und die Berechnung der Position wird dort ausgeführt.

Im Zusammenhang mit UMTS wird ein ähnliches Verfahren Observed Time Difference Of Arrival (OTDOA) genannt.

2.2.2.2 Wireless Assisted GPS (WA-GPS)

In der MS wird ein GPS Receiver installiert und nach dem TOA Prinzip die Position unter Zuhilfenahme der GPS Satellitensignale bestimmt. Es existiert wieder die MS-assisted und die MS-based Variante des Verfahrens. Beim ersten werden die GPS Rohdaten zum SMLC übermittelt und dort wird die Position errechnet, beim zweiten wird die Position direkt in der MS berechnet.

Zusätzlich werden über das GSM Netz die Position und Sendefrequenzen der Satelliten sowie Differential GPS Informationen an die MS übermittelt, dies führt zu:

- kürzeren Startlokalisationszeiten (von 10 min zu 10s)
- höherer Genauigkeit
- weniger Stromverbrauch

Der Vorteil des Verfahrens ist die sehr hohe Genauigkeit und der bessere Datenschutz durch die Mögliche Kontrolle der Positionierung durch die MS. Es ist auch günstig im Unterhalt für den Netzbetreiber (Quelle: 13) Nachteilig ist der höhere Verkehr auf der Luftschnittstelle und das das GPS Positionsverfahren nur schlecht in Gebäuden, Tunneln oder dicht bebauten Gebieten, aufgrund des fehlenden Satellitenempfangs, funktioniert. Hier müsste eine Lokalisation über den CGI erfolgen. Weiterhin werden neue MS mit einem teuren GPS Receiver benötigt der zusätzlich noch den Stromverbrauch erhöht.

2.2.2.3 Testergebnisse

Das WA-GPS Verfahren besitzt die Genauigkeit von GPS Geräten, auf die ich hier nicht näher eingehen möchte. Um einen ungefähren Eindruck von der Genauigkeit Handgerätebasierter Verfahren zu bekommen möchte ich die Ergebnisse eines Tests eines solchen Systems von Voicestream und Cambridge Positioning Systems vorstellen. (Quelle: <http://www.cursor-system.com>) Stand 09.08.2000

Das Cursor System arbeitet mit dem E-OTD Verfahren. Das Testgebiet ist als Vorstadt (suburban) charakterisiert.

Die Genauigkeit der Positionsdaten lag bei

- 61% der Messungen \leq 50m
- 67% der Messungen \leq 56m
- 94% der Messungen \leq 100m
- 99% der Messungen \leq 150m

Dabei gab es keinen signifikanten Genauigkeitsunterschied zwischen Messungen in fahrenden Fahrzeugen und normalen Messungen.

2.2.3 Zusammenfassung und Übersicht

Keines der vorgestellten Verfahren ist den anderen in allen Bereichen überlegen. Deswegen werden sicherlich Mischformen auftreten und außerdem werden im Innenstadtbereich andere Verfahren eingesetzt werden als in ländlichen Gebieten.

Da netzbasierte Verfahren die Möglichkeit besitzen, dass die MS auch gegen den Willen und ohne das Wissen des Nutzers geortet werden kann, besteht die Möglichkeit, dass diese Systeme nach den Terroranschlägen in der letzten Zeit bevorzugt werden.

Die amerikanische Federal Communication Division (FCC) hat Ortungsvorschriften erlassen, die vorschreiben, wann Handys wie gut im Falle eines Notrufs ortbar sein müssen. Dabei muss bei geräteabhängiger Ortung in 67 Prozent der Fälle eine Genauigkeit von 50 m erreicht werden und in 95 Prozent der Fälle von 150 m. Für netzabhängige Ortung müssen in 67 Prozent der Fälle 100 m und in 95 Prozent 300 m erreicht werden. Der ursprüngliche Einführungstermin der Phase 2 (Oktober 2001) konnte von den Netzbetreibern nicht eingehalten werden. Die Richtlinien sind aber ein Anhaltspunkt, in welchem Rahmen sich die angebotene Genauigkeit der Positionsinformation zukünftig bewegen wird.

In der nachfolgenden Übersicht der Firma CPS sind noch einmal alle hier besprochenen Verfahren dargestellt. Ich möchte aber anmerken, dass eine Genauigkeit von 30 km bei dem CGI+TA Verfahren der Genauigkeit des CGI entspricht. Wenn aber nur eine BTS im Empfangsbereich liegt, funktionieren die anderen Verfahren, bis auf WA-GPS, auch nur über die geographische Zuordnung des CGI.

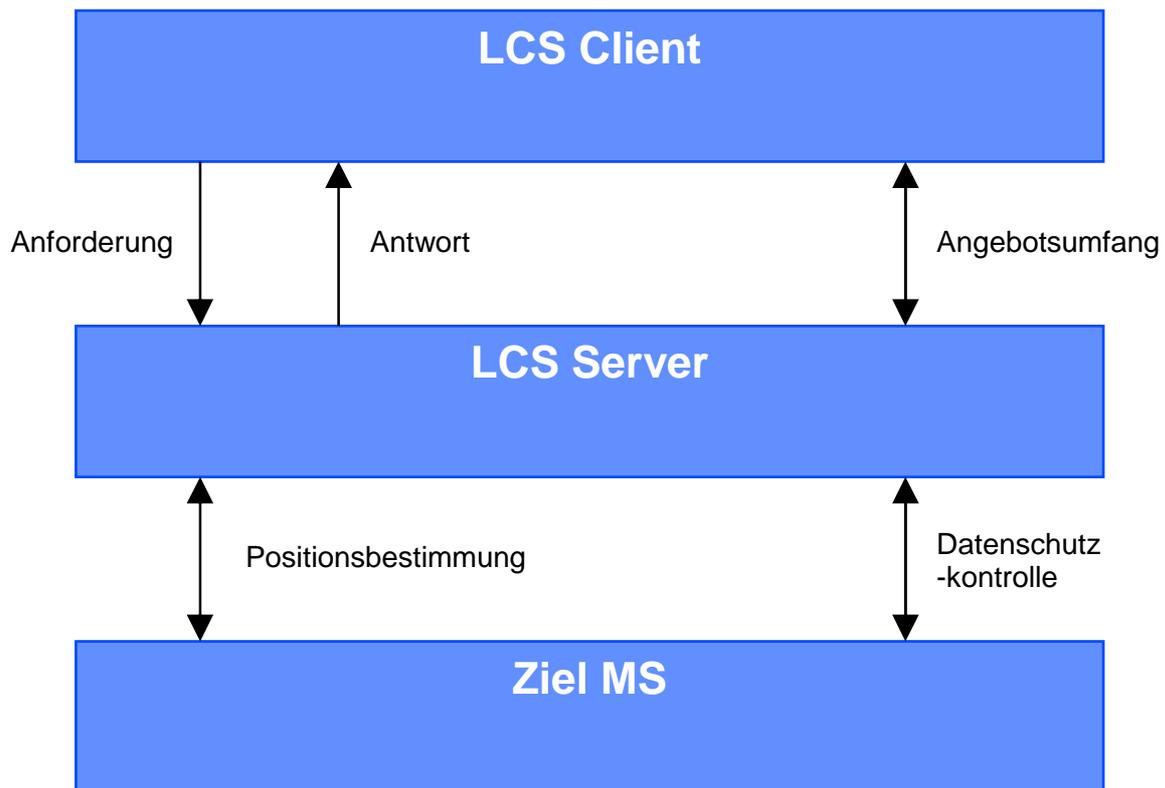
	System Accuracy	Commercial Availability on GSM	User Controlled Privacy	Speed Of Response	Mobile Network Upgrade Cost	Handset Cost Increase
Cursor™ E-OTD	Cursor™ can currently deliver 50m	Available for Network Equipment Vendors	Yes	Less than 10 seconds	Low	Nil
E-OTD	15m to 150m	2000	Yes	Less than 10 seconds	Medium	Nil
Cell ID	Variable 250m to 30km	1999	No	Less than 10 seconds	Minimal (MSC Interface)	Nil
Cell ID/ Timing Advance	150m to 30km	1999	No	Less than 10 seconds	Minimal	Nil
Assisted GPS	Generally better than 50m if available	2002	Yes	Less than 10 seconds to 1 minute *	Medium (standards-compliant)	+40% Plus impact on style and battery life
Time Of Arrival	Difficult to achieve better than 150m	2002 (non-standards compliant)	No	Less than 10 seconds	High	Nil
Angle of Arrival	Unlikely to achieve 150m	No known commercial solution	No	Less than 10 seconds	High	Nil

Quelle: www.cursor-system.com

Im UMTS System existiert mit dem RTT/IP-DL (Round Trip Time / Idle Period – Down Link) Verfahren noch eine zusätzliche Lokalisationsmöglichkeit.

3 Verarbeitung der Daten

3.1 Grundmodell



Quelle: www.etsi.org

Das Grundmodell gibt die 3 wesentlichen Komponenten wieder die an der Bereitstellung von Location Based Services beteiligt sind.

Der LCS Client kann die MS selbst sein oder eine Applikation auf einem Server innerhalb und außerhalb des PLMN. Er bietet dem Nutzer den Location Based Service an und benötigt dazu die Position des Nutzers. Dazu informiert sich der LCS Client über den Angebotsumfang des LCS Servers und stellt eine Positionsanforderung an den LCS Server.

Er spezifiziert mit seiner Anfrage:

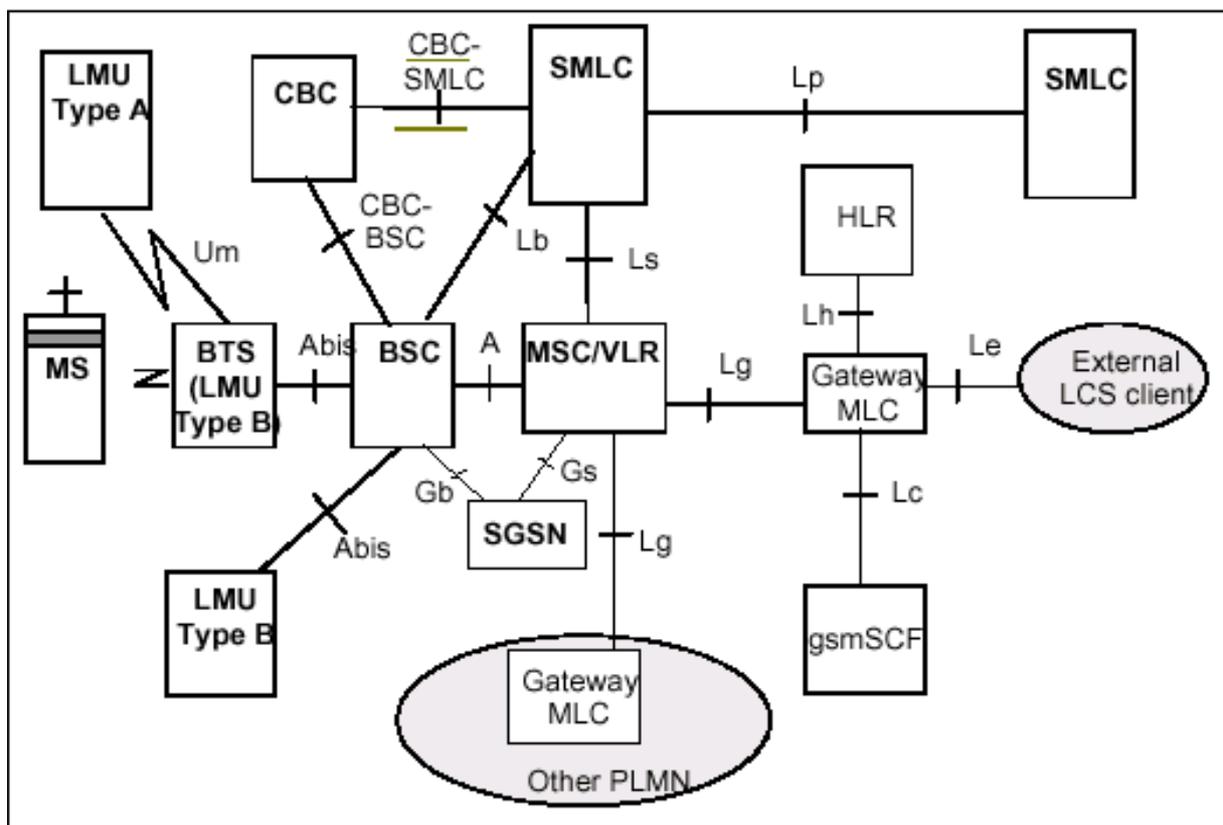
- Priorität
- Art der Anfrage
 - Immediate – sofort (einmalig)
 - Deferred – Ereignis gesteuert (Zeit, Ort) (ein- / mehrmalig)
- Quality of Service
 - Horizontale / Vertikale Genauigkeit
 - Antwortzeit
- Anzahl der zu Positionierenden MS
- MS-Identifizierung über MSISDN / IMSI
 - NA-ESRK (North Amerikan - Emergency Services Routing Key)

Der LCS Server steht für die Komponenten die die Lokalisierung der MS durchführen. Er überprüft die Autorisierung des LCS Clienten und welche Datenschutzvereinbarungen mit dem Nutzer der MS getroffen wurden. Er stellt die Liste der angebotenen Services zur Verfügung und er berechnet dem Clienten die Kosten die durch die Lokalisierung entstehen. Als Antwort gibt er, wenn die Lokalisierung erlaubt und erfolgreich war, die Position (mit Genauigkeitsangaben) der MS zurück.

Diese Aufgaben sind innerhalb des LCS Servers auf vier verschiedene Komponenten mit dazugehörigen Funktionen verteilt (Siehe Quelle 12.1 Seite 15 ff.)

Die Ziel MS ist die Komponente deren Position zu bestimmen ist. Bei den MS basierten Lokalisierungsverfahren hat sie die Möglichkeit die Erfassung der Position zu beeinflussen. Bei den Netzwerk basierten Verfahren nicht. Hier kann der Nutzer nur über Vereinbarungen mit dem Netzbetreiber die Erfassung und Weitergabe seiner Positionsdaten beeinflussen.

3.2 Logische Struktur



Quelle: www.etsi.org

Diese Grafik beschreibt den Grundsätzlichen Aufbau eines GSM Netzwerkes das fähig ist Location Based Services anzubieten.

Die bereits existierenden Elemente des GSM Netzes MS, BTS, BSC, MSC, HLR (siehe Abschnitt GSM Netz) übernehmen zusätzliche Aufgaben abhängig vom Standard. Sie übermitteln bzw. bearbeiten Anfragen des SMLC/GMLC und senden die Antworten an das SMLC/GMLC.

Das Gateway Mobile Location Center (GMLC) ist die Schnittstelle zum LCS Client. Es gibt nach Prüfung die Lokalisierungsanforderung weiter an das VMSC (Visited MSC) und übermittelt die Antwort an den LCS Client. Falls das VMSC (über die CGI) dem Clienten nicht bekannt ist ermittelt das GMLC dieses über das HLR.

Das Serving Mobile Location Center (SMLC) steuert und koordiniert die Schritte die zur Lokalisation der MS notwendig sind. Es verarbeitet die erhaltenen Daten zu einer Positionsangabe und schätzt deren Genauigkeit. Es gibt 2 Implementierungsvarianten. Mit direkten Zugriff zum BSC oder zum MSC.

Das Cell Broadcast Center (CBC) übermittelt die Informationen vom SMLC die zum Errechnen der Position bei den MS basierten Verfahren von der MS benötigt werden.

Die Location Management Unit (LMU) wird im Sendebereich der einzelnen BTS aufgestellt und liefert dem SMLC unterstützende Informationen (z.B. RTD Werte) die zur Positionsbestimmung der MS notwendig sind. Die genauen Anforderungen hängen vom eingesetzten Verfahren ab. Ihre genauen geographischen Koordinaten müssen bekannt sein. Es gibt 2 Arten LMUs

Typ A: Die Informationen werden über die GSM Luftschnittstelle übertragen (Um Interface)

Typ B: Die Informationen werden über Kabel oder Richtfunk übertragen (Abis Interface)

4 Abkürzungen

Die verwendeten Abkürzungen entsprechen folgenden Standards

GSM 01.04 Standard.

„Digital cellular telecommunications systems (Phase 2+); Abbreviations and acronyms”

3GPP TS 3.71

Location Services

“Digital cellular telecommunications systems (Phase 2+); Location Services (LCS); (Functional description) - Stage 2”

3GPP TS 2.71

Digital cellular telecommunications systems (Phase 2+); Location Services (LCS); (Service description) - Stage 1”

5 Quellen

Das GSM Netz

1. <http://www.comms.eee.strath.ac.uk/~gozalvez/gsm/gsm.html>
2. <http://www.hut.fi/~mlofgren/gsm/gsm.htm>
3. <http://kbs.cs.tu-berlin.de/~jutta/gsm/js-intro.html>
4. <http://www.pt.com/products/gsmintro.php>
5. <http://www.nobbi.com>
6. <http://www.telecom.ntua.gr/~libero/LOCATION.html>
7. http://www.mobileworld.org/gsm_about_06.html
8. <http://www.funkcom.ch/minilex1.htm#g>
9. <http://www.ee.oulu.fi/~fiat/gprs.html>
10. Reschke, D.; Krüger, G.; (2000): Lehr und Übungsbuch Telematik, 1. Aufl., Fachbuchverl. Leipzig, Leipzig

Bestimmung der Position einer MS über das GSM Netz

11. <http://www.willassen.no/msl/diplom.html>
12. <http://www.etsi.org>
Technical Specification: 12.1 ETSI TS 101 724 V8.3.0. (2001-10)
(3GPP TS 3.71)
12.2 ETSI TS 101 723 V7.3.0. (2001-03)
(3GPP TS 2.71)
13. http://www.cdmatech.com/about_us/whitepapers/pdf/location_tech_wp_9-01.pdf
14. http://www.nokia.com/networks/systems_and_solutions/files/backgrounders/Enhancing.pdf
15. <http://www.ericsson.de/downloads/pressenews/HintergrundpapierLBS.pdf>
16. <http://www.pulver.com>
17. <http://www.glue.umd.edu/~skant/project621.html>
18. <http://ourworld.compuserve.com/homepages/TFriebe/diplom/html/kap2.htm>
19. <http://www.strategyanalytics.com/>
20. <http://www.mobilesummit2001.org/mcs2001/papers/MOBCS4VYM4L.pdf>