



Ortung mit Mobilfunksystemen

Golaleh Rahmatollahi 2033839

Thimo Eichstädt 2033431

Inhalt

- Mobilfunksysteme
 - Ortungssystem GSM
 - Ortungssystem WCDMA
- Anforderungen
- Ortungstechnologien
 - Cell-ID
 - E-OTD
 - OTDOA
 - A-GPS
 - Hybride Verfahren
- Verfahrensvergleich





Inhalt

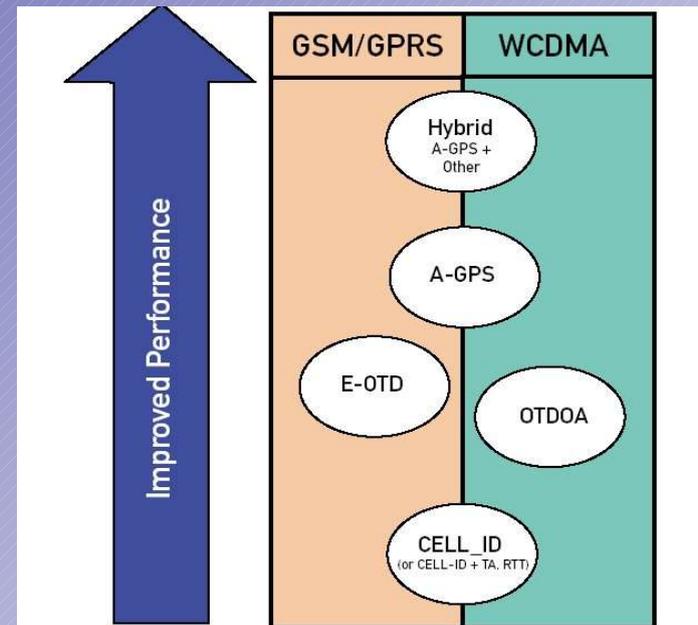
→ Mobilfunksysteme

- Ortungssystem GSM
- Ortungssystem WCDMA
- Anforderungen
- Ortungstechnologien
 - Cell-ID
 - E-OTD
 - OTDOA
 - A-GPS
 - Hybride Verfahren
- Verfahrensvergleich

1. Mobilfunksysteme

Für die Ortung unterscheiden wir zwischen zwei Systemen:

- Ortung per GSM, GPRS
 - Ortung per **WCDMA** (**Wideband Code Divison Multiple Acces**)





Inhalt

- Mobilfunksysteme
 - ➔ Ortungssystem GSM
 - Ortungssystem WCDMA
- Anforderungen
- Ortungstechnologien
 - Cell-ID
 - E-OTD
 - OTDOA
 - A-GPS
 - Hybride Verfahren
- Vergleichsverfahren

1.1 Ortungssystem GSM, GPRS

MS: Mobile Station

BTS: Base Transceiver Station

BSC: Base Station Controller

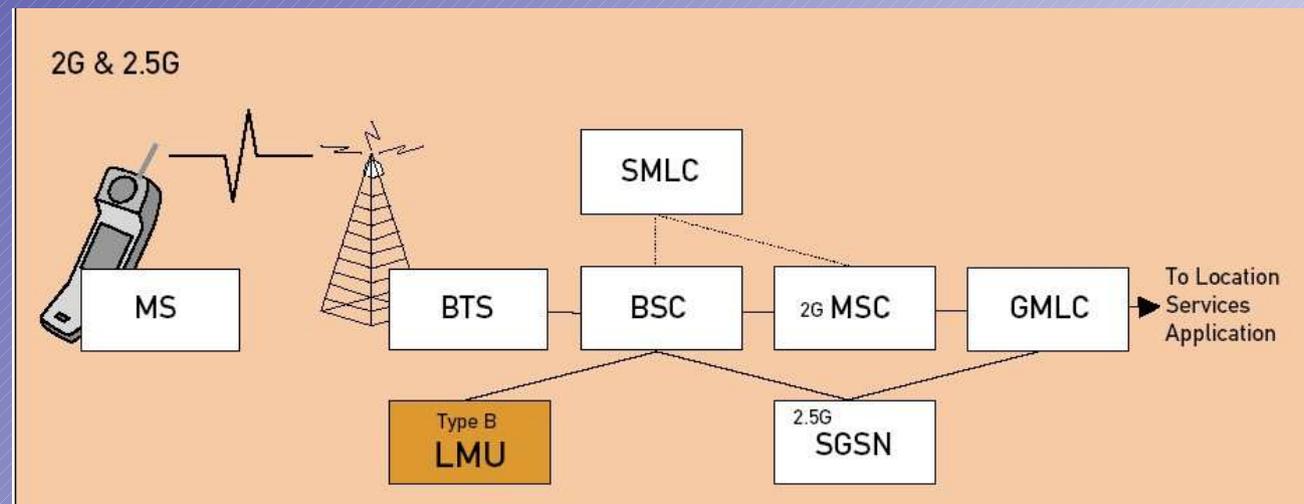
SMLC: Serving Mobile Location Center

MSC: Mobile Switching Center

GMLC: Gateway Mobile Location Center

SGSN: Serving GPRS Support Node

LMU: Location Measurement Unit





Inhalt

- Mobilfunksysteme
 - Ortungssystem GSM
 - ➔ Ortungssystem WCDMA
- Anforderungen
- Ortungstechnologien
 - Cell-ID
 - E-OTD
 - OTDOA
 - A-GPS
 - Hybride Verfahren
- Verfahrensvergleich

1.2 Ortungssystem WCDMA

UE: User Equipment

SAS: Stand Alone Assisted GPS SMLC

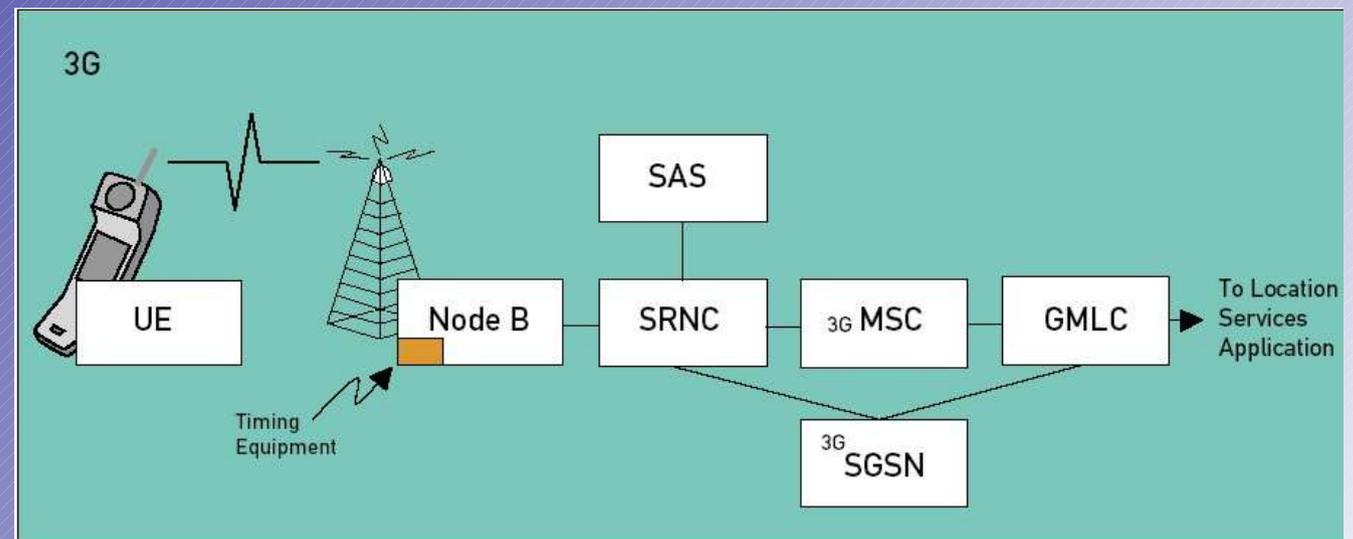
SMLC: Serving Mobile Location Center

SRNC: Serving Network Radio Controller

MSC: Mobile Switching Center

GMLC: Gateway Mobile Location Center

SGSN: Serving GPRS Support Node





Inhalt

- Mobilfunksysteme
 - Ortungssystem GSM
 - Ortungssystem WCDMA
- ➔ **Anforderungen**
- Ortungstechnologien
 - Cell-ID
 - E-OTD
 - OTDOA
 - A-GPS
 - Hybride Verfahren
- Verfahrensvergleich

2. Anforderungen an das System

- Leistungsanforderungen
 - Ergebnis
 - Genauigkeit
 - Konsistenz
 - Startzeit
- Implementierungsanforderungen
 - Einfluss auf das Handset bei Veränderung der Hard-Software
 - Roaming
 - Netzwerkeffizienz
 - Netzwerkausweitung
 - Netzwerkkompatibilität
- Kostenanforderungen
 - Kosten des Handsets
 - Kosten der Infrastruktur
 - Ausweitungskosten
 - Instandhaltungskosten
 - Aufwendungszeit
 - Return on Investment



Inhalt

- Mobilfunksysteme
 - Ortungssystem GSM
 - Ortungssystem WCDMA
- Anforderungen
- Ortungstechnologien
 - Cell-ID
 - E-OTD
 - OTDOA
 - A-GPS
 - Hybride Verfahren
- Verfahrensvergleich

3. Ortungstechnologien

- **Cell-ID** und Varianten – GSM, GPRS und WCDMA
- **E-OTD** (**E**nhanced **O**bseverd **T**ime **D**ifference) – GSM, GPRS
- **OTDOA** (**O**bserved **T**ime **D**ifference of **A**rrival) -WCDMA
- **A-GPS** (Wireless **A**ssisted GPS) – GSM, GPRS und WCDMA
- **Hybride Systeme** (Kombination von A-GPS und andere Standards) – GSM, GPRS und WCDMA



3.1 Cell-ID

Vorgehensweise:

- Einfachste Methode der Ortung
- Die Basisstation (BS) mit der das Handset kommuniziert wird anhand einer Identifikation geortet
- Die Position des Benutzers ist dann die Position der Basisstation, mit der kommuniziert wird.

Nachteile:

- Genauigkeit der Ortung hängt von der Zellgröße ab (bei GSM 2km-20km).
- In städtischen Regionen sind Zellgrößen kleiner und dichter als auf dem Land -> bessere Genauigkeit, aber hohe Inkonsistenz, da mehrdeutig

Lösung:

- Cell-ID mit Laufzeitmessung (TA oder RTT)
- Time offset Signal wird benutzt, welches von der BTS zum Handset gesendet wird und wieder zurück, so wird der Abstand von der BTS zum Benutzer ermittelt und der Fehler reduziert

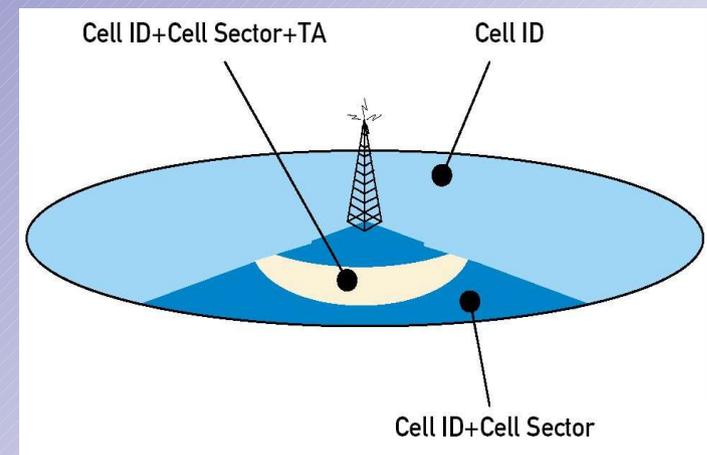
Inhalt

- Mobilfunksysteme
 - Ortungssystem GSM
 - Ortungssystem WCDMA
- Anforderungen
- Ortungstechnologien
 - ➔ Cell-ID
 - E-OTD
 - OTDOA
 - A-GPS
 - Hybride Verfahren
- Verfahrensvergleich

$$\text{Distance} = (\text{TAvalue} + 0.5) * d$$

$$d = 0.5 * 3.69 \mu\text{s symbol period} * c$$

$$c = 554 \text{m}$$





3.1 Cell-ID

Inhalt

- Mobilfunksysteme
 - Ortungssystem GSM
 - Ortungssystem WCDMA
- Anforderungen
- Ortungstechnologien
 - ➔ Cell-ID
 - E-OTD
 - OTDOA
 - A-GPS
 - Hybride Verfahren
- Verfahrensvergleich

Vorteile:

- Geringer Kostenaufwand
- Hohe Netzkompatibilität, da in allen Netzen verfügbar
- Funktioniert auch bei Roaming, da netzkompatibel
- Hohe Effizienz, da minimale Bandbreitennutzung
- Schnell -> c.a 1 Sekunde zur Ortung, abhängig von der Netzauslastung
- Keine Veränderung am Handset nötig



Inhalt

- Mobilfunksysteme
 - Ortungssystem GSM
 - Ortungssystem WCDMA
- Anforderungen
- Ortungstechnologien
 - Cell-ID
 - ➔ E-OTD
 - OTDOA
 - A-GPS
 - Hybride Verfahren
- Verfahrensvergleich

3.2 E-OTD

Vorgehensweise:

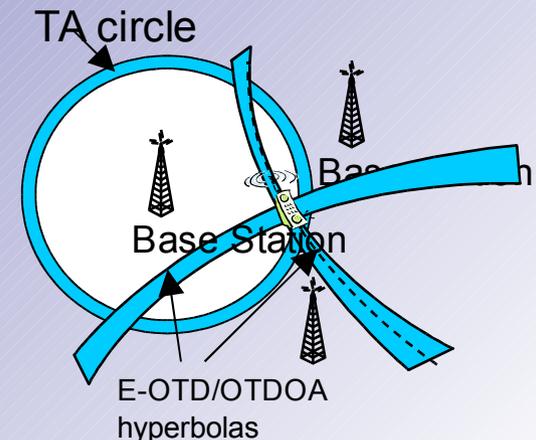
- Laufzeitmessungen zwischen drei Basisstationen ergeben drei Schnitkreise -> Schnittpunkt ergibt Position des Benutzers.
- Genauigkeit der Messung ist abhängig von Auflösung der Laufzeitdifferenzmessung, Geometrie der Basisstationen und von der Umgebung (Mehrfachreflektionen durch Berge etc.)

Nachteile:

- Nicht netzkompatibel, funktioniert nur bei GSM, GPRS
- Präzise Zeitinformation ist erforderlich
- Dies erfordert den Einsatz von LMUs zwischen den Basisstationen -> hohe Infrastrukturkosten und Netzplanungskosten
- Spezielle Software wird benötigt
- Roaming funktioniert nur, wenn das Partnernetz E-OTD unterstützt
- E-OTD benötigt hohe Datenmengen, die konstant geupdated werden müssen -> hohe Bandbreite
- Dieses Verfahren wird in ländlichen Regionen, auf Grund der geringen Anzahl an BTS scheitern, da drei mindestens benötigt werden

Lösung:

- LMUs können abgeschafft werden, wenn die Synchronisierung der BTSs mit GPS erfolgt
siehe hybride Verfahren





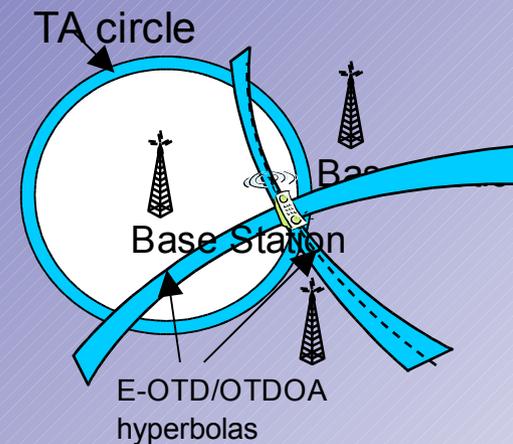
3.2 E-OTD (2)

Inhalt

- Mobilfunksysteme
 - Ortungssystem GSM
 - Ortungssystem WCDMA
- Anforderungen
- Ortungstechnologien
 - Cell-ID
 - ➔ E-OTD
 - OTDOA
 - A-GPS
 - Hybride Verfahren
- Verfahrensvergleich

Vorteile:

- Relativ gute Genauigkeit in städtischen Regionen
- Schnell, benötigt ca. 5 Sekunden für die Ortung, abhängig von der Netzauslastung
- Geringer Stromverbrauch des Handsets





Inhalt

- Mobilfunksysteme
 - Ortungssystem GSM
 - Ortungssystem WCDMA
- Anforderungen
- Ortungstechnologien
 - Cell-ID
 - E-OTD
 - ➔ **OTDOA**
 - A-GPS
 - Hybride Verfahren
- Verfahrensvergleich

3.3 OTDOA

Eigenschaften:

- Technik gleicht dem des E-OTD Verfahrens (ebenso Vor-/ Nachteile)
- OTDOA (Observed Time Difference of Arrival) ist einsetzbar bei WCDMA Netzwerken
- Es wird der Kontakt zu 3 Basisstationen (hier: Node B stations) benötigt
- Position wird aus den Differenz der ankommenden Signale der Node B stations bestimmt
- Hier werden wieder LMUs benötigt.

Spezielle Probleme:

- WCDMA Netzwerke sind auf geringe Leistungen der Sender/Empfänger optimiert, so werden selten wirklich 3 Basisstationen in Empfangsreichweite sein (Studie ergab: nur 28%-36% der Zeit sind die benötigten Basisstationen sichtbar)
- WCDMA ist ein synchrones Netzwerk, d.h. Zeitinformationen werden synchron an den Empfänger überliefert (von allen sichtbaren Basisstationen), Zeitauflösung ist zur Standortbestimmung zu ungenau (im Millisekundenbereich), also werden wieder LMUs benötigt (Auflösung im Nanosekundenbereich)
- zusätzliche LMUs bedeuten hohe Infrastrukturkosten und Netzplanungskosten (könnten jedoch durch Berücksichtigung beim Netzaufbau kleiner als bei E-OTD gehalten werden)



Inhalt

- Mobilfunksysteme
 - Ortungssystem GSM
 - Ortungssystem WCDMA
- Anforderungen
- Ortungstechnologien
 - Cell-ID
 - E-OTD
 - OTDOA
 - ➔ A-GPS
 - Hybride Verfahren
- Vergleichsverfahren

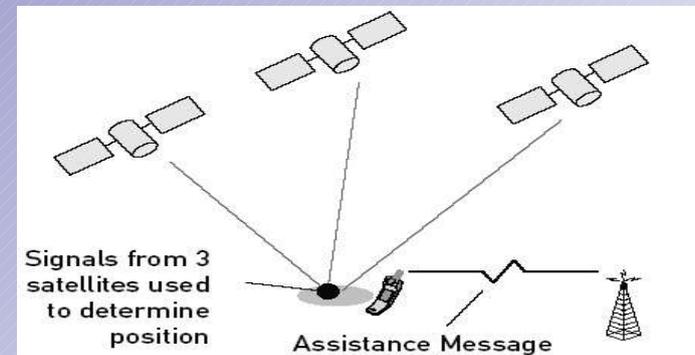
3.4 A-GPS

Verfahren:

- A-GPS: Wireless Assisted GPS
- Benutzt nicht das Mobilfunksystem zur Standortbestimmung, sondern das Global Positioning System (GPS)
- Empfänger misst Entfernung zu den Satelliten durch Messung der Zeit, die die Signale von den Satelliten bis aktuellen Standort benötigt

Probleme:

- Benötigt genaue Zeitangaben, da Empfänger jedoch möglichst billig sein müssen sind sie nicht so exakt
- Fehler durch nicht so exakte Empfänger müssen u.U. durch weiteren Referenzpunkt (4. Satellit) minimiert werden
- Zur Initialisierung braucht ein normales GPS System ca. 2 Minuten (alle benötigten Daten müssen empfangen und dekodiert werden, GPS ist jedoch ein System mit sehr geringer Bandbreite)
- Problem der langen Initialisierung kann umgangen werden durch weiteren Kanal im GSM Netz, der die "assistance messages" sendet und dem Empfänger so die Startinformationen schneller liefert kann, d.h. Reduzierung der Startzeit auf ca. 5 Sekunden





Inhalt

- Mobilfunksysteme
 - Ortungssystem GSM
 - Ortungssystem WCDMA
- Anforderungen
- Ortungstechnologien
 - Cell-ID
 - E-OTD
 - OTDOA
 - ➔ A-GPS
 - Hybride Verfahren
- Vergleichsverfahren

3.4 A-GPS

(2)

Assistant Messages Verfahren:

- 2 Verfahren der Assistant Messages:
 - MS/UE based mode
 - MS/UE assisted mode
 - Empfänger bekommt nur die notwendigsten Startinformationen (Hilfsinformationen) über den GSM Kanal vom sog. "A-GPS LS"
 - Empfänger berechnet relative pseudo Entfernung aus den Startinformationen und Satellitensignalen
 - Berechnete Daten werden zur absoluten Standortbestimmung an den A-GPS LS zurückgesandt
 - A-GPS LS übermittelt absolut berechnete Werte an den Empfänger
- MS/UE based mode
 - Empfänger bekommt alle benötigten Startinformationen zur absoluten Standortbestimmung vom A-GPS LS
 - Komplette Berechnung findet im Empfänger statt

Vorteile von A-GPS:

- Recht genaues Verfahren (5-50m)
- Netzübergreifend
- Unterstützt alle Netzwerke (neu und alt)
- 3-Dimensional
- Geringere zusätzliche Daten im GSM Netz

Nachteile von A-GPS:

- GPS Empfänger wird zusätzlich benötigt
- GPS Signal in Gebäuden sehr schwach, u.U. sogar zu schwach, um Position bestimmen zu können



Inhalt

- Mobilfunksysteme
 - Ortungssystem GSM
 - Ortungssystem WCDMA
- Anforderungen
- Ortungstechnologien
 - Cell-ID
 - E-OTD
 - OTDOA
 - A-GPS
 - ➔ **Hybride Verfahren**
- **Verfahrensvergleich**

3.5 Hybride Verfahren

Vor-/ Nachteile gängiger Verfahren:

- Cell-ID
 - Vorteil: sehr kostengünstig
 - Nachteil: Relativ ungenau
- E-OTD/OTDA
 - Vorteil: Relativ genau
 - Nachteil: sehr kostenintensiv, funktioniert nur bei Kontakt zu mind. 3 Basisstationen
- A-GPS
 - Vorteil: Sehr genau, netzübergreifend und flexibel, funktioniert auch in ländlichen Gegenden
 - Nachteil: funktioniert nicht "indoor", GPS Empfänger wird benötigt

► Kombination mehrerer Verfahren

Beschreibung:

- einzelne Verfahren haben jeweils ihre Vor- und Nachteile
- Kombination aus mehreren Verfahren kann
 - Genauigkeit verbessern
 - Verfügbarkeit verbessern (Redundanz)
 - Kosten minimieren (z.B. zwei billigere Verfahren gegenüber einem kostenintensiven Verfahren)
- Benutzte Verfahren hängt davon ab, wie hoch die maximal einzusetzende Investitionssumme ist



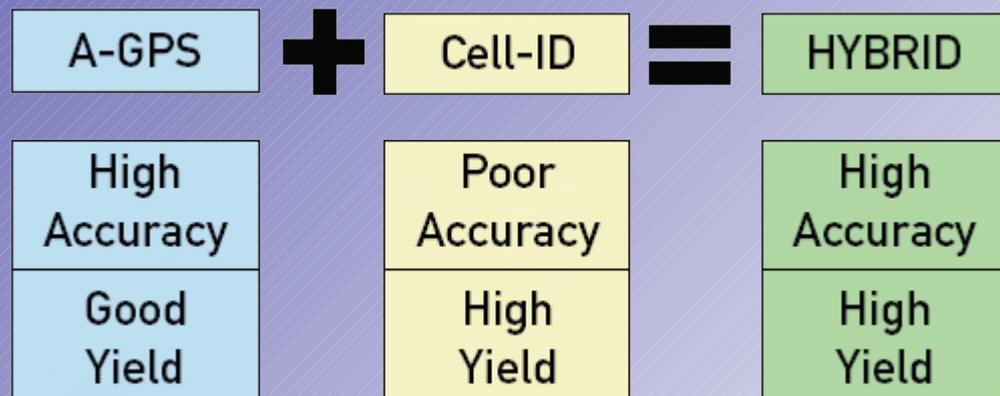
Inhalt

- Mobilfunksysteme
 - Ortungssystem GSM
 - Ortungssystem WCDMA
- Anforderungen
- Ortungstechnologien
 - Cell-ID
 - E-OTD
 - OTDOA
 - A-GPS
 - ➔ Hybride Verfahren
- Verfahrensvergleich

3.5 Hybride Verfahren (2)

A-GPS + Cell-ID:

- A-GPS Hybrid Verfahren bezeichnet die Kombination aus A-GPS und Cell-ID
- Kombination beider Verfahren eliminiert die wesentlichen Schwächen der einzelnen Systeme und ist immernoch recht kostengünstig:
 - Indoor kann immernoch geortet werden (Cell-ID)
 - In ländlichen Gegenden kann immernoch genau geortet werden (A-GPS)
 - Ortung ist dank A-GPS hinreichend genau
 - CellOrtung ist dank A-GPS hinreichend genau-ID & A-GPS benötigen nur geringe Investitionen in die Infrastruktur
 - Empfänger benötigt neben GPS Modul keine weitere zus. Hardware





Inhalt

- Mobilfunksysteme
 - Ortungssystem GSM
 - Ortungssystem WCDMA
- Anforderungen
- Ortungstechnologien
 - Cell-ID
 - E-OTD
 - OTDOA
 - A-GPS
 - Hybride Verfahren
- ➔ **Verfahrensvergleich**

4. Verfahrensvergleich

Synchrone und asynchrone Systeme

- Alle Systeme haben eins gemeinsam, die Genauigkeit, die Geschwindigkeit und die Auslastung der Ortung hängt von der Zeitgenauigkeit ab
- In synchronisierten Netzen, wird präzise Zeit zur Ortung benutzt (LMUs werden aufgrund der zu geringen Zeitauflösung u.U. trotzdem benötigt)
- In asynchronen Netzen (GMS) werden LMUs zur Erschaffung synchroner Zeiten benutzt

TECHNOLOGY	GSM/GPRS	WCDMA-SYNCH	WCDMA-ASYNCH	COMMENTS
Cell-ID	Cell-ID + TA uses Coarse Time	Cell-ID + RTT uses Coarse Time	Cell-ID + RTT uses Coarse Time	No special timing requirements
E-OTD	Requires precise timing unit	Not compatible	Not compatible	Use of timing units increases cost and complexity
OTDOA	Not Compatible	Requires precise timing unit	Requires precise timing unit	Use of timing units increases cost and complexity
A-GPS	Uses Assistance Message for time	Uses Assistance Message for time	Uses Assistance Message for time	Can use precise time from LMUs or other sources if available, but not required



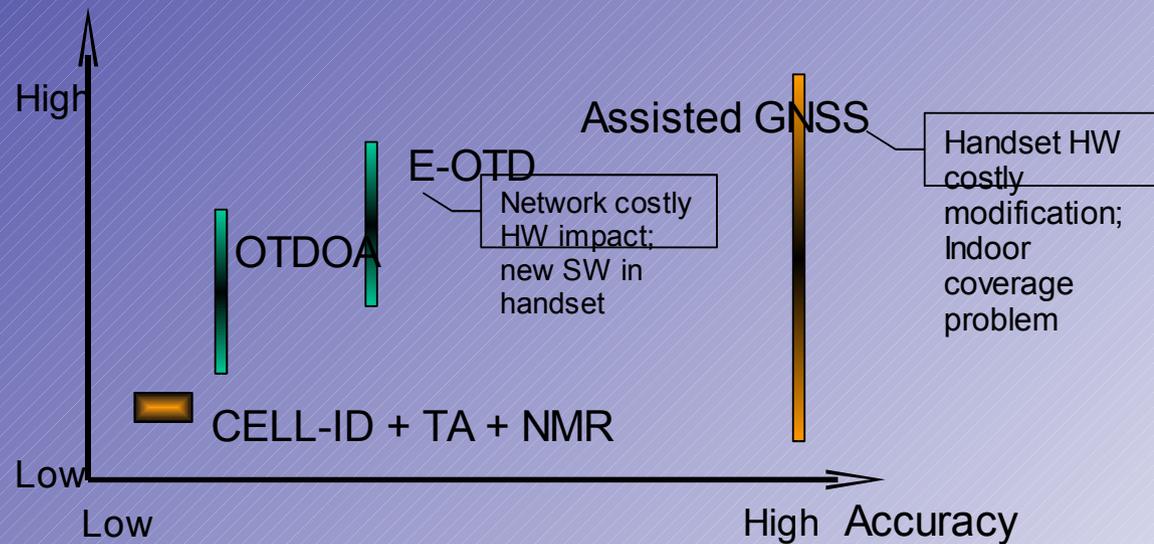
4. Verfahrensvergleich (2)

Genauigkeit der Positionsbestimmung

Inhalt

- Mobilfunksysteme
 - Ortungssystem GSM
 - Ortungssystem WCDMA
- Anforderungen
- Ortungstechnologien
 - Cell-ID
 - E-OTD
 - OTDOA
 - A-GPS
 - Hybride Verfahren
- **Verfahrensvergleich**

Complexity /
Investment





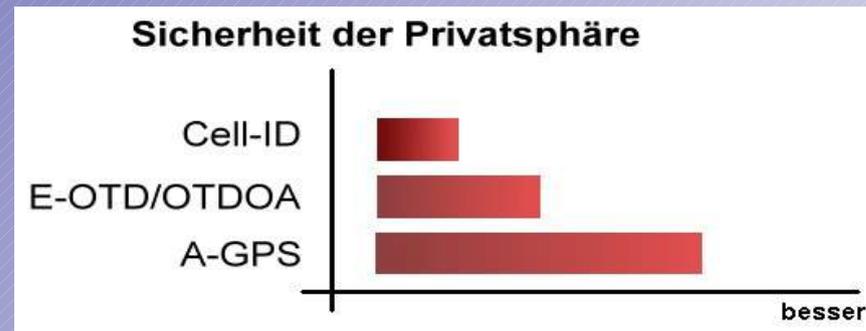
Inhalt

- Mobilfunksysteme
 - Ortungssystem GSM
 - Ortungssystem WCDMA
- Anforderungen
- Ortungstechnologien
 - Cell-ID
 - E-OTD
 - OTDOA
 - A-GPS
 - Hybride Verfahren
- ➔ **Verfahrensvergleich**

4. Verfahrensvergleich (3)

Schutz der Privatsphäre (Privacy)

- Wichtiger Faktor, meist auch für den Endverbraucher
- Unterschiedliche Verfahren bieten unterschiedliche Möglichkeiten zum Schutz der Privatsphäre:
 - Cell-ID: Die Zelle, in der der Empfänger eingebucht ist, wird nicht nur zur Ortung sondern auch vom System selbst benötigt, Abschalten nahezu unmöglich
 - E-OTD/OTDOA: Nutzer selbst kann Ortung mittels E-OTD/OTDOA nicht physikalisch abschalten, da die Ortung im Netz selbst (Basisstationen) stattfindet, limitierte Privatsphäre
 - A-GPS: Schutz der Privatsphäre z.B. durch direktes Abschalten des GPS Moduls im Empfänger gesichert





Inhalt

- Mobilfunksysteme
 - Ortungssystem GSM
 - Ortungssystem WCDMA
- Anforderungen
- Ortungstechnologien
 - Cell-ID
 - E-OTD
 - OTDOA
 - A-GPS
 - Hybride Verfahren
- ➔ **Verfahrensvergleich**

4. Verfahrensvergleich (4)

Kostenvergleich

● Cell-ID

COST AREA	COST FACTOR	COMMENTS
Handset Cost	Low	No modifications required to the handset.
Infrastructure Cost	Low	Other than the addition of LS software, no modifications are required in the infrastructure.
Expansion Cost	Low	This cost is low as long as network expansion is done into a network that supports the technology.
Maintenance Cost	Low	No special maintenance required.
Timing of Expenditures	Low	No extraordinary costs associated with any stage of deployment.
Overall Cost Factor	Low	Overall, technologies in this category are relatively low cost.

● E-OTD/OTDOA

COST AREA	COST FACTOR	COMMENTS
Handset Cost	Low	Modifications to existing handsets are required for E-OTD. Special software is also required in OTDOA handsets.
Infrastructure Cost	High	Cost depends on the size of the deployment. For these solutions to work on asynchronous networks, LMUs must be deployed at base stations throughout the infrastructure, wherever location coverage is desired. For most operators, this represents a large number of base stations and thus a substantial cost. There is also significant planning and analysis that must be performed to ensure the addition of timing units does not conflict with the RF characteristics of the existing network. This applies for basic infrastructure changes as well as changes related to expansion. In addition, there may be easement issues with modifying existing towers to accommodate new equipment or with erecting new sites for the new equipment.
Expansion Cost	High	Cost is high since the network being expanded must have LMUs at the majority of base stations. If expanding into an existing network, that network must be outfitted with LMUs requiring the same costly planning, deployment, and maintenance support described above.
Maintenance Cost	High	After being deployed, each LMU must be maintained according to a specified maintenance schedule. This requires management time to keep track of the maintenance effort, technician time to perform maintenance, and equipment cost if LMUs need to be replaced.
Timing of Expenditures	High	Upfront investment for LMU deployment can be huge. Even if only a small number of subscribers initially request the service, the entire coverage area must be enabled with LMUs.
Overall Cost Factor	High	The cost factor is high to deploy an initial system, and remains high throughout system deployment for ongoing maintenance, and costs for additional LMU deployment if expansion is made to another network, or if roaming into a partner network requires that the partner deploy LMUs as well.



Inhalt

- Mobilfunksysteme
 - Ortungssystem GSM
 - Ortungssystem WCDMA
- Anforderungen
- Ortungstechnologien
 - Cell-ID
 - E-OTD
 - OTDOA
 - A-GPS
 - Hybride Verfahren
- ➔ **Verfahrensvergleich**

4. Verfahrensvergleich (5)

Kostenvergleich

● A-GPS

COST AREA	COST FACTOR	COMMENTS
Handset Cost	Medium	A-GPS circuitry must be added to the handset. This circuitry can be deeply integrated into the phone's components, so that its cost is minimal (much lower than perceived relative to using discrete devices or separate boards).
Infrastructure Cost	Low	Other than A-GPS LS software, no infrastructure modifications are required.
Expansion Cost	Low	A handset enabled with A-GPS requires no changes to move to another network. A small infrastructure change in the new network will accommodate expansion.
Maintenance Cost	Low	Negligible maintenance cost in the infrastructure since location-server locations are limited and typically centrally located.
Timing of Expenditures	Low	A-GPS based solution can be supported with very little up-front costs. If a small subscriber base is launched initially, only their handsets require A-GPS circuitry, so the handset cost scales directly with the growth of the subscriber base, linking expenditures directly with revenue growth.
Overall Cost Factor	Low to Medium	High performance and very low infrastructure costs make this an attractive technology. Handset-based solutions are less expensive than perceived, and the cost of the circuitry in the phone will continue to decrease as integration and Moore's law is applied to semiconductor implementations of the GPS circuitry.

- Zusammenfassung
 - Man muß zwischen Investitionskosten (Infrastruktur/Erweiterung) und laufenden Wartungskosten unterscheiden
 - Vergleich ist nicht einfach und muß mit anzunehmender Benutzeranzahl (Handsets), anzunehmender Wachstumsrate und Wartungskosten kalkuliert werden



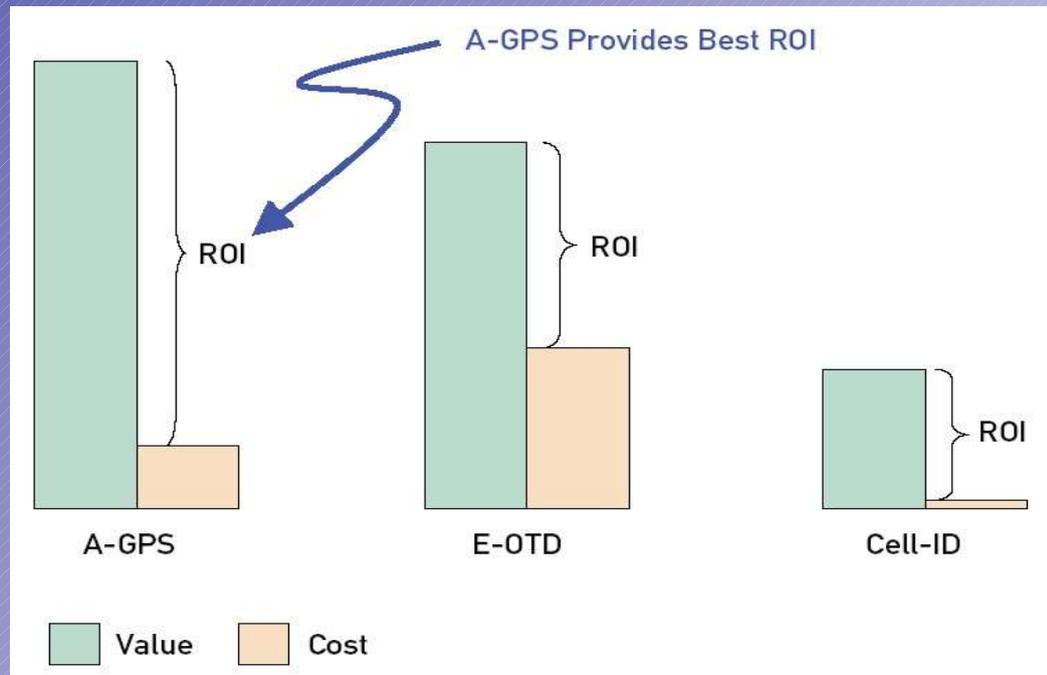
Inhalt

- Mobilfunksysteme
 - Ortungssystem GSM
 - Ortungssystem WCDMA
- Anforderungen
- Ortungstechnologien
 - Cell-ID
 - E-OTD
 - OTDOA
 - A-GPS
 - Hybride Verfahren
- ➔ **Verfahrensvergleich**

4. Verfahrensvergleich (5)

Return of Investment

- Weiteres Kriterium sind die Gewinne (Return of Investment) für die Betreiber eines Netzes
- Beeinflusst durch Investitions-, Wartungs-, Erweiterungskosten und Einnahmen durch Kunden, die den Service benutzen
- Cell-ID: geringe Kosten, mittlere Einnahmen
- E-OTD: hohe Kosten, mittlere Einnahmen
- A-GPS: mittlere Kosten, hohe Einnahmen





4. Verfahrensvergleich

Fazit- Leistung, Implementierung, Kosten

Inhalt

- Mobilfunksysteme
 - Ortungssystem GSM
 - Ortungssystem WCDMA
- Anforderungen
- Ortungstechnologien
 - Cell-ID
 - E-OTD
 - OTDOA
 - A-GPS
 - Hybride Verfahren
- ➔ **Verfahrensvergleich**

- Kombination mehreren Verfahren, also Verfahren, die die Schwächen des anderen ausgleichen (hier: A-GPS mit Cell-ID) geben das beste Preis-Leistungsverhältnis ab:
 - Hybrid: bestes Ergebnis (Yield), beste Flexibilität, sehr effizient und geringe Kosten sowie schnelle und zuverlässige Funktionsweise

REQUIREMENT	CELL-ID	E-OTD	OTDOA	A-GPS	HYBRID
Yield	Excellent	Average	Poor	Very Good	Excellent
Consistency	Poor	Average	Average	Very Good	Very Good
Accuracy	Poor 100m-20km 2-dimensions	Average 100m-500m 2-dimensions	Average 100m-500m 2-dimensions	Excellent 5m-50m 3-dimensions	Excellent 5m-50m 3-dimensions
TTF	Excellent 1s	Very Good 5s	Very Good 5s	Very Good 5-10s	Very Good 5-10s
Handset	Excellent	Good	Good	Average	Average
Roaming	Excellent	Poor	Poor	Excellent	Excellent
Efficiency	Excellent	Average	Average	Very Good	Very Good
Expansion	Excellent	Poor	Poor	Excellent	Excellent
Compatibility	Excellent	Poor	Poor	Excellent	Excellent
Overall Cost	Excellent	Poor	Poor	Very Good	Very Good
Summary	Average	Average	Poor	Very Good	Excellent



Inhalt

- Mobilfunksysteme
 - Ortungssystem GSM
 - Ortungssystem WCDMA
- Anforderungen
- Ortungstechnologien
 - Cell-ID
 - E-OTD
 - OTDOA
 - A-GPS
 - Hybride Verfahren
- **Verfahrensvergleich**

Ende

Quellen:

- Snaptrack /Qualcomm: Location Technologies for GSM, GPS, WCDMA Networks
- Mobile Positioning Solutions
- Future positioning technologie and their application to the automotive market sector