

Mobilitätsmanagement in GSM, GPRS und UMTS

Fachseminar-Vortrag

„Mobile Computing“

Prof. Friedemann Mattern

Departement Informatik
ETH Zürich SS2001

Ruedi Arnold

rarnold@student.ethz.ch

0 Zusammenfassung:

Die Ziele meines Vortrages waren:

- **Übersicht** über einige wichtige **Mobiltechnologien**: Motivation und Einsatz
- **Verständnis** für das **Mobilitätsmanagement** und für Probleme der **Mobilkommunikation** (z.B. Lokalisierung, Handover)
- **Möglichkeiten** der **Zukunft** der mobilen Kommunikation skizzieren

In dieser Ausarbeitung gehe ich zuerst auf die Architektur des verbindungsorientierten GSM ein. (Abkürzungen sind am Schluss dieses Dokumentes, auf Seite 8 ausgeschrieben aufgelistet.) GSM ist ein sehr umfangreicher Standard. Hier erkläre ich vor allem kurz das Konzept von Zellen und berichte dann über die wichtigsten funktionalen Einheiten wie MS, MSC oder HLR und VLR. Basierend auf diesen Grundlagen werden dann Fragen des Mobilitätsmanagements behandelt. Speziell gehe ich dann auf Handover (das Weiterreichen einer aktiven Netzverbindung beim Wechsel des Netzzugangspunktes) und Registrierung (Anmeldung beim GSM Netz) und Lokalisierung (up-dating der aktuellen Position eines Handys) ein.

Im nächsten Teil behandle ich dann das paketorientierte GPRS und dessen Architektur, die auf GSM aufbaut. Und dann folgt eine kurze Beschreibung einiger Kernaspekte des Mobilitätsmanagements in GPRS, namentlich Attach/Detach, Sessions – PDP context und Lokalisierung.

Im letzten Teil geht es schliesslich um UMTS. Es ist wichtig zu verstehen, dass GSM und GPRS wichtige Schritte auf dem evolutionären Weg der Entwicklung hin zu UMTS sind. Hier gibt es wieder eine kurze Übersicht der Architektur und dann wird auf ein paar mobilitäts-relevante und interessante Aspekte wie CDMA und Zellhierarchien eingegangen.

Copyright Notice:

Die Abbildung der GSM Architektur wurde [leicht verändert] übernommen aus den Unterlagen zur Vorlesung "Mobile Communications" von Jochen H. Schiller, Freie Universität Berlin, 2001.

http://www.inf.fu-berlin.de/inst/ag-tech/mobile_communications.htm

0	Zusammenfassung:	1
1	Einleitung	2
2	Die 1. Generation der mobilen Kommunikation [Folie 6]	3
2.1	Analoges System zur Sprachübertragung	3
2.2	Kompatibilität - das grosse Problem	3
3	GSM – 2. Generation [Folien 7, 11-26].....	3
3.1	Groupe Spéciale Mobile.....	3
3.2	Global System for Mobile Communications	3
3.3	Architektur - Zellen	4
3.4	Mobilitätsmanagement.....	4
3.4.1	Handover	5
3.4.2	Registrierung.....	5
3.4.3	Aktualisierung.....	5
4	GPRS - Generation 2.5 [Folien 8, 28-38]	5
4.1	Architektur – Erweiterung von GSM	5
4.2	Mobilitätsmanagement.....	5
4.2.1	Attach/Detach	5
4.2.2	Sessions – PDP context	6
4.2.3	Lokalisierung	6
5	UMTS – 3. Generation [Folien 9, 40-45].....	6
5.1	Universal System for Mobile Telecommunications	6
5.2	UTRAN / CDMA	6
5.3	Architektur	6
5.4	Mobilitätsmanagement.....	7
6	Fazit.....	7
7	Abkürzungen.....	8
8	Hauptreferenzen	8

1 Einleitung

In dieser Ausarbeitung möchte ich auf die wesentlichen Punkte von meinem Fachseminarvortrag vom 22. Mai 2001 eingehen. Dabei werde ich zuerst auf die Architektur von GSM eingehen, da ich davon ausgehe, dass diese relativ unbekannt ist. Anhand von GSM lassen sich einige grundlegende Konzepte und Probleme zeigen. Andererseits baut GPRS direkt auf GSM auf, und auch für den Evolutionsprozess hin zu UMTS ist GSM wohl die wichtigste Grundlage.

Nebenbei wollte ich mit meinem Vortrag auch einen kleinen (historischen) Rückblick auf die verschiedenen Generationen und die Entwicklung der Mobiltechnologie geben. Dies widerspiegelt sich hier auch ein wenig.

Für das Verständnis ist es sicher besser, auch die Folien parallel zu diesem Text zu betrachten. Mein Vortrag dauerte fast 1 ½ Stunden und ich präsentierte 47 Folien. Das heisst, in diesem Text wird nie alles stehen, was Inhalt des Vortrages war.

- Der vorgegebene Rahmenbedingungen lassen hier sicher keine sehr detaillierte Behandlung zu, sprich: ich stelle das Ganze recht knapp, vereinfachend und unvollständig dar.
- Verwendete **Abkürzungen** sind **am Schluss** aufgelistet.

- Meine damals verwendeten **Powerpoint-Folien** sind im pdf-Format online verfügbar. Ich nehme wie gesagt hier darauf Bezug. Zu finden unter: <http://www.inf.ethz.ch/vs/education/SS2001/MC/beitraege/arnold-abstract.html>.

2 Die 1. Generation der mobilen Kommunikation [Folie 6]

2.1 Analoges System zur Sprachübertragung

Als sogenannte erste Generation bezeichnet man üblicherweise mobile analoge Kommunikations-Systeme. Die Vertreter dieser Technologie-Generation waren typischerweise ausschliesslich für Sprachübertragung konzipiert.

Als früher Vertreter ist hier das deutsche A-Netz (1958) zu nennen, das permanent weiterentwickelt wurde und jetzt als C-Netz in der Endphase seiner Verwendung steht. Für Nordeuropa ist NMT (Nordic Mobile Telephone, 1981) der wichtige Vertreter, und in den USA AMPS (Advanced Mobile Phone Standard, 1983), das auch heute noch weit verbreitet ist und dort 1998 noch mehr als 80% des Marktes ausmachte.

2.2 Kompatibilität - das grosse Problem

In den Achtzigerjahren gab es alleine in Europa sieben verschiedene Standards zur mobilen Kommunikation, was zumeist eine Einschränkung der Verfügbarkeit von diesen Services auf ein Gebiet, zum Beispiel auf einen Staat bedeutete.

3 GSM – 2. Generation [Folien 7, 11-26]

3.1 Groupe Spéciale Mobile

Um bei der neuen Generation digitaler Kommunikation nicht wieder dieselben Kompatibilitätsprobleme wie bei den analogen Netzen zu bekommen, wurde 1982 vom ETSI die Groupe Spéciale Mobile gegründet. Das primäre Ziel war die Schaffung eines mobilen Telefonsystems, das europaweit und mit ISDN und herkömmlichen Analognetzen kompatibel ist.

3.2 Global System for Mobile Communications

GSM bietet eine mobile Kommunikation über einen verbindungsorientierten Funkweg. In auf- und ab-Richtung werden verschiedene Frequenzen verwendet. Die für GSM zugelassenen und am meisten verwendeten Frequenzbänder sind um 900 MHz und um 1800 MHz. Es werden sowohl Sprach- als auch Datendienste (bis 9.6 kbit/s) angeboten. Der ganze Datenaustausch ist in eine komplexe Zeitrahmenstruktur (TDMA) eingebettet, wobei darin zwischen getrennten Daten- und Kontrollkanälen unterschieden wird.

GSM ist ein sehr komplexer Standard, bereits der Entwurf umfasste mehr als 5000 Seiten. Insgesamt sind sehr viele funktionale Einheiten und diverse Services definiert.

3.3 Architektur - Zellen

Grundsätzlich verwendet GSM eine Zellstruktur, das heisst, das Einzugsgebiet eines Anbieters ist geographisch in sogenannte Zellen unterteilt. Die dadurch erreichte Lokalität hat vor allem zwei Vorteile gegenüber „weltweiten Funkgeräten“:

- a) Es sind viel mehr Benutzer möglich, da die Frequenzen wiederverwendet werden können und nicht weltweit eindeutig sind. Dadurch ergibt sich weniger Interferenz.
- b) Die Mobilstation (z.B. ein Handy) braucht viel weniger Sendeenergie, da sie bloss bis zum nächstgelegenen Empfänger senden muss. Geringerer Energieverbrauch ist speziell im Mobilmarkt ein sehr wichtiges Kriterium, da die Geräte leicht und kompakt sein sollen.

Die GSM Architektur sieht schematisch und etwas vereinfacht wie folgt aus:

MSC

Mobile Services
Switching Center

GMSC

Gateway MSC

VLR

Visitor Location Register

HLR

Home Location Register

BSC

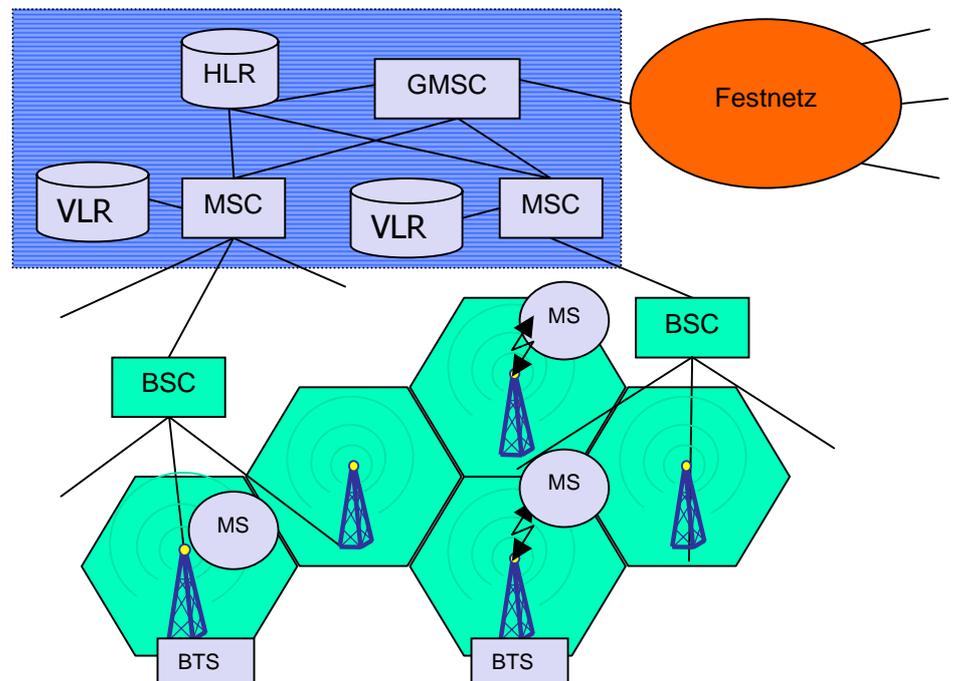
Base Station Controller

BTS

Base Transceiver Station

MS

Mobile Subscriber



[Vergleiche dazu die
Folien 16ff]

Die BTS sind die eigentlichen Sender / Empfänger einer Zelle, mit ihnen interagieren die MS. Ein BSC verwaltet mehrere BTS und übernimmt die Funksteuerung. Ein MSC wiederum verwaltet mehrere BSC und hat ein VLR zugeteilt. Das GMSC ist verantwortlich für die Kommunikation mit dem Festnetz. Zwischen den MSC und GMSC ist das HLR eingebettet.

3.4 Mobilitätsmanagement

Für das Mobilitätsmanagement sind das VLR und das HLR von sehr grosser Bedeutung. Die beiden sind eigentlich als Datenbanken zu verstehen. Jede MS ist genau einmal in einem HLR registriert. Dort sind alle Teilnehmerdaten gespeichert. Die Telefonnummer einer MS identifiziert das dazugehörige HLR. Im HLR ist stets der aktuelle Aufenthaltsort einer MS eingetragen.

Im VLR sind jeweils alle sich im Einzugsgebiet einer MSC befindlichen MS eingetragen.

3.4.1 Handover

Unter diesem Begriff versteht man das Weiterreichen einer aktiven Netzverbindung beim Wechsel des Netzzugangspunktes. Bei GSM wird ein Handy zu jeder Zeit von genau einem Sender (von einer BTS) bedient. Falls jetzt wegen Verlassens der entsprechenden Zelle oder aus anderem Grund die Verbindung einem Handover unterzogen werden muss, geschieht dies für den Benutzer transparent. Das heisst konkret, dass dieser Wechsel sehr genau synchronisiert ist und in weniger als 60 ms vollzogen werden muss.

Der Zeitpunkt eines Handovers wird vom BSC festgelegt, und ist beeinflusst von den periodischen Messungen der Signalqualität in auf- und ab-Richtung.

3.4.2 Registrierung

Wenn eine MS neu eingeschaltet wird, dann ermittelt sie zunächst den Träger mit der stärksten Leistung. Dem zugehörigen MSC/VLR schickt sie dann einen Antrag um „location update“. Darauf wird der HLR Eintrag aktualisiert, ein allfälliger Eintrag in einem alten VLR wird gelöscht und die Nutzerdaten werden vom HLR ins neue VLR kopiert und der MS der Vorgang bestätigt. Diesen ganzen Vorgang nennt man Registrierung.

3.4.3 Aktualisierung

Den Prozess der Verfolgung der aktuellen Position einer MS nennt man Aktualisierung. Die BTS senden periodisch eine Identifikation ihres BSC Gebiets aus. Sobald eine MS nun feststellt, dass sie sich in einem neuen BSC Gebiet befindet, sendet sie denselben „location updating request“ wie bei einer Registrierung aus.

Zusammenfassend kann damit gesagt werden, dass dem GSM-Netz die (ungefähre) Position eines eingeschalteten Handy jederzeit bekannt ist.

4 GPRS - Generation 2.5 [Folien 8, 28-38]

General Packet Radio Service (GPRS) ist eine Erweiterung von GSM, und bietet, wie der Name schon sagt, einen paketerorientierten Datendienst an. Die Grundidee ist, dass bei Bedarf mehrere Zeitschlitze zum Senden verwendet werden können, anstatt je genau einer in auf- und ab-Richtung. Damit ist asynchroner Datenverkehr möglich.

4.1 Architektur – Erweiterung von GSM

Wie auf Folie 30 zu sehen ist, besteht die Erweiterung von GSM einerseits aus dem Hinzufügen eines GR (GPRS Register) zum HLR. Andererseits werden neu SGSN (Serving GPRS Support Node) und GGSN (Gateway GPRS Support Node) verwendet, die in der Funktions-Hierarchie in etwa MSC respektive GMSC bei GSM entsprechen.

4.2 Mobilitätsmanagement

4.2.1 Attach/Detach

Falls eine MS einen GPRS Service benutzen will, muss sie sich bei einem SGSN zuerst dafür registrieren. Diesen Vorgang nennt man Attach. Er ist ähnlich wie die Registrierung in GSM, jedoch grundsätzlich unabhängig von GSM-Verbindungsaufbau und -Registrierung.

Die Abmeldung (Loslösung von GPRS) wird analog Detach genannt.

4.2.2 Sessions – PDP context

Nach erfolgreichem Attach kann eine MS bei der SGSN eine PDP beantragen. Diese Zustandsdaten nennt man PDP-Context. Dieser enthält den verwendeten Adresstyp, die PDP (meist IP) Adresse von MS und GGSN und die verlangte Qualität. Wie das Routing in GPRS vor sich geht, ist auf Folie 35 zu sehen. Als Beispiel werden hier IP-Pakete von einem Internet-PC via GGSN, SGSN und BSC zur MS geleitet.

4.2.3 Lokalisierung

Das Mobilitätsmanagement in GPRS geschieht auf 2 Stufen:

- a) **Mikro Mobilitätsmanagement:** Das SGSN ist zuständig und verfolgt die aktuelle Routing Area der MS. Die MS sendet gegebenenfalls einen „routing area request“. Dieser Vorgang ist ähnlich zur Aktualisierung in GSM, und es ist keine Änderung im HLR oder GGSN nötig.
- b) **Makro Mobilitätsmanagement:** Darunter versteht man die Verfolgung der aktuellen SGSN. Diese Information wird gespeichert in HLR, VLR und GGSN.

5 UMTS – 3. Generation [Folien 9, 40-45]

5.1 Universal System for Mobile Telecommunications

UMTS soll ein weltweiter Standard werden, der diverse Sprach- und Datendienste unterstützt. So soll UMTS voll Internet-kompatibel und unter anderem sowohl paket- als auch verbindungsorientierte Dienste anbieten. Der Weg hin zu UMTS ist eine Evolution, bei der GSM eine zentrale Rolle spielt. Verbesserungen und Erweiterungen zu GSM wie GPRS, HSCSD oder EDGE sind als Vorstufen oder erste Versuche von UMTS Technologie zu sehen. Die Grundidee von UMTS ist meiner Meinung nach, dass verschiedene Standards einfach wieder unter einem Hut zusammengefasst und beschrieben werden.

5.2 UTRAN / CDMA

Eine wesentliche Neuerung von UMTS gegenüber von GSM wird das neue Funksystem UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Access) welches mehrere Funksubsysteme enthält. Speziell interessant für das Mobilitätsmanagement ist hier die Verwendung von CDMA. Hierbei ist es möglich, dass eine MS eine Menge (ein „active set“) von aktiven Sendestation haben kann, die verschiedene Spreading Codes verwenden. Die MS decodiert sich die entsprechenden Daten einfach von einem Sender heraus. Dies ermöglicht dann einen sogenannten Soft-Handover. Das heisst, die Synchronisation zwischen MS und Sender muss nicht mehr so exakt sein wie bei GSM, sie müssen nicht mehr zur genau gleichen Zeit umschalten.

5.3 Architektur

Die UMTS Grundarchitektur ist auf der Folie 41 dargestellt. Hier sehen wir, wie das GSM Funksubsystem und UTRAN parallel verwendet werden und zusammen das Zugriffsnetzwerk ausmachen. Dahinter folgen die auf GSM (verbindungsorientiert) und

GPRS (paketorientiert) basierenden Einheiten des UMTS Kernnetzwerkes. Das „E-“ bei den Namen steht jeweils für „Extended“.

Im weiteren verwendet UMTS eine Zellhierarchie, um verschiedenen Anforderungen wie Datenrate und mögliche Bewegungsgeschwindigkeit zu erfüllen. Zellen können hier auch überlappend oder sogar ganz in einer grösseren eingeschlossen sein. Dies gibt unter anderem bei einem Handover wieder ganz neue Probleme. Wenn wir uns zum Beispiel durch eine grosse Zelle mit vielen enthaltenen Subzellen bewegen, möchten wir nicht jedes Mal, wenn wir in eine neue Subzelle kommen, einen Handover durchführen müssen, sondern immer bei der grossen Zelle bleiben.

5.4 Mobilitätsmanagement

UMTS baut im ersten Schritt (Evolution!) sehr stark auf GSM und GPRS auf. Deshalb werden für das Mobilitätsmanagement auch ähnliche Konzepte und Ideen verwendet wie bei GSM und GPRS. Als wichtige Erweiterung ist aber die Möglichkeit von Soft-Handover zu sehen und es ergeben sich auch einige neue Probleme, wie zum Beispiel das Handover bei überlappenden Zellen.

6 Fazit

Das Wissen über die Mobiltechnologie, speziell das Mobilitätsmanagement, hat sich bei mir, als Mensch ohne Handy, in den vergangenen drei Monaten doch beachtlich vergrössert. Ich hoffe mit diesem Text über meinen Seminarvortrag ist eine brauchbare Zusammenfassung (oder Quelle) für die Besucher des Seminars oder sonst interessierte Leute entstanden. Wie früher schon erwähnt, findet sich auf den Folien (siehe: <http://www.inf.ethz.ch/vs/education/SS2001/MC/beitraege/arnold-abstract.html>) noch viel mehr Information und im weiteren verweise ich auf die unten angegebenen Referenzen, die meiner Meinung nach gut sind.

Vielen Dank meinem Assistenten Michael Rohs für die gute Unterstützung.

7 Abkürzungen

AMPS	Advanced Mobile Phone Standard
BSC	Base Station Controller
BTS	Base Transceiver Station
CDMA	Code Division Multiple Access
EDGE	Enhanced Data Rates for GSM Evolution
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
GMSC	Gateway MSC
GPRS	General Packet Radio Service
GR	GPRS Register
GSM	Global System for Mobile Communications
HSCSD	High Speed Circuit Switched Data
HLR	Home Location Register
ISDN	Integrated Services Digital Network
MS	Mobile Station (auch: Mobile Subscriber)
MSC	Mobile Services Switching Center
NMT	Nordic Mobile Telephone
PDP	Packet Data Protocol
TDMA	Time Division Multiple Access
UMTS	Universal System for Mobile Telecommunications
UTRAN	UMTS Terrestrial Radio Access
VLR	Visitor Location Register

8 Hauptreferenzen

Jochen Schiller: „**Mobilkommunikation – Techniken für das allgegenwärtige Internet**“, vor allem Kapitel 4. Addison-Wesley 2000.
online: http://www.inf.fu-berlin.de/inst/ag-tech/mobile_communications.htm (Als Vorlage für die Illustrationen!)

Thomas Ziegert: „**Nutzung von Verhaltensmustern zur Lokalisierung mobiler Objekte**“, Kapitel 2. In „Fortschritt-Berichte VDI“, Reihe 10 Nr. 651. VDI Verlag.

Christian Bettstetter et al: „**GSM Phase 2+ General Packet Radio Services GPRS: Architecture, Protocols, and Air Interface**“, IEEE Communications Surveys, Third Quarter 1999, vol. 2 no. 3.

Josef F. Huber et al: „**UMTS, the Mobile Multimedia Vision for IMT-2000: A Focus on Standardization**“, IEEE Communications Magazine, September 2000.