

GSM Systemstruktur

Kurzfassung

29 Seiten

INHALT

1	Übersicht.....	2
2	Grundlagen des Zellularfunks.....	3
2.1	Netzaufbau	3
2.2	Multiplexverfahren.....	5
2.3	Struktur der GSM-Funkschnittstelle U_m	6
3	Systemarchitektur	10
3.1	Mobile Station (MS)	11
3.2	GSM Radio Access Network GERAN (Base Station Subsystem BSS).....	13
3.3	Core Network CN (Switching Subsystem SSS)	15
3.4	Operation and Maintenance Subsystem (OSS)	18
4	GSM - Funktionsprinzip	19
4.1	Wegedurchschaltung	20
4.1.1	Einbuchen ins Netz.....	20
4.1.2	Aktivverbindung	21
4.1.3	Passivverbindung	22
4.1.4	Handover	22
4.2	Signalisierung	23
5	Kontrollfragen	24
6	Bilder und Tabellen.....	25
7	Abkürzungen und Begriffe	26
8	Literatur	29

1 Übersicht

Unter Mobilfunk versteht man die Übertragung von Nachrichten jeglicher Art zwischen zwei oder mehreren Stationen, von denen zumindest eine beweglich ist. Diese Definition schließt die Bereiche Rundfunk und Fernsehen aus.

Die Technologie des Mobilfunks hat eine Tradition von über 70 Jahren. Bereits 1926 führte die Deutsche Bahn auf der Strecke Berlin - Hamburg erste erfolgreiche Versuche durch. Da die Mobilfunkeinrichtungen damals aber noch schwere und teure Geräte darstellten, wurden sie nur auf sehr aufwendigen Fahrzeugen, wie Schiffen, verwendet. Erst als die Mobilfunkaparate kleiner wurden, bestand die Möglichkeit, sie privat einzusetzen. Erste Benutzer waren Rettung, Polizei und Militär.

Während in den 80er Jahren in Europa, Japan und den USA die ersten kommerziellen, analogen Mobilfunksysteme, hauptsächlich im 450 und 900 MHz Band aufgebaut wurden, gründete die CEPT (Conference Européenne des Administrations des Postes et Telecommunications - Europäische Konferenz für das Post- und Fernmeldewesen) im Jahr 1982 die Arbeitsgruppe „**G**roupe **S**pecial **M**obile“ und beauftragte sie mit der Spezifikation eines öffentlichen digitalen Mobilkommunikationssystems für Europa. Dieses System sollte im 900-MHz-Band arbeiten, das 1978 von der World Administrative Radio Conference für diesen Zweck reserviert worden war.

Im September 1987 einigten sich 13 europäische Staaten auf das paneuropäische digitale Mobilfunknetz GSM (**G**lobal **S**ystem for **M**obile Communication). Auch in Japan (JDC) und den USA (D-AMPS) wurden digitale Systeme errichtet. Die GSM-Technologie ist mit einem Marktanteil von über 65 Prozent die führende Technologie im weltweiten Mobilfunkmarkt. Die USA haben sich, im Gegensatz zu Japan entschlossen, neben D-AMPS auch den europäischen GSM-Standard einzusetzen. Die Zahl der Mobilfunkteilnehmer beträgt weltweit bereits über 430 Millionen (Ende 1999) und ist weiter im Steigen.

Im Jänner 1998 einigte sich die Telekomindustrie auf einen weltweiten Standard, der unter dem Begriff UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) die unterschiedlichen kontinentalen Mobilfunksysteme zusammenführen und in Folge ablösen sollte. Wesentlichste Merkmale des neuen Standards sind größere Kapazitäten für eine große Anzahl von Kunden und größere Datenmengen, die mobile Multimediageräte und den Zugang zum Internet ermöglichen.

Quelle: Computerwelt11 03.05.2004

Im Februar 2004, also etwa zwölf Jahre nach dem Start der ersten GSM-Netze überstieg die Anzahl der GSM-Nutzer eine Milliarde. Nach von der GSM Association (GSMA) veröffentlichten Zahlen wird GSM gegenwärtig in über 200 Ländern von fast einem Sechstel der Weltbevölkerung verwendet, wobei rund 80 Prozent aller Neukunden der Mobiltelefonie GSM-Nutzer sind. 2003 konnte GSM weltweit mit rund 180 Mio. Neukunden mehr Nutzer hinzugewinnen als es insgesamt Kunden der rivalisierenden CDMA-Technik (code-division multiple access) gibt. Das bedeutet im Vergleich zu 2002 einen Zuwachs von 23 Prozent.

Schlüsselwörter

Frequenz-Mehrfachverwendung, zelluläre Netzstruktur, Location Registration, Location Update, Authentication, Interrogation, Paging und Paging Response, Handover, Roaming

2 Grundlagen des Zellularfunks

2.1 Netzaufbau

Klassische Mobilfunknetze in denen versucht wird, durch eine hohe Sendeleistung der Basisstationen einen großen Bereich abzudecken, können aufgrund der benutzten Bandbreite nur eine begrenzte Teilnehmerzahl bedienen. Die schlechte Ausnutzung des Frequenzspektrums in solchen Funknetzen und die steigende Anzahl von Mobilfunkteilnehmern, die diese Systeme nicht mehr bewältigen konnten, führten zur Entwicklung und Einführung zellularer Netze.

Der verfügbare Frequenzvorrat ist auch in zellularen Netzen beschränkt, kann aber durch mehrmalige Wiederverwendung vermehrt werden. Durch diese Methode ist es möglich die Teilnehmer-Anschlusskapazität des Mobilnetzes stark zu erhöhen. Die Mehrfachverwendung der Frequenzen führt zu geringen Sendeleistungen und zu einer zellenförmigen Netzstruktur.

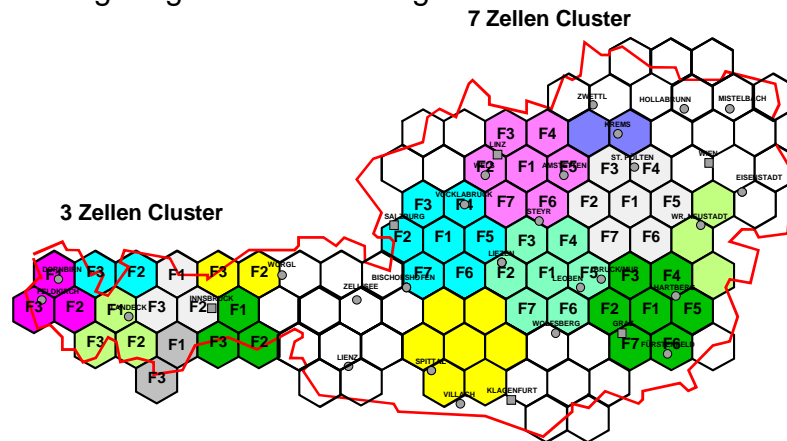


Bild 1 Beispiele zellularer Netzstrukturen

Zellulare Funknetze beruhen auf der Einteilung der gesamten Netzfläche in sog. Funkzellen, die jeweils von einer Basisstation versorgt werden. Jede Basisstation darf in der Regel nur einen Teil der verfügbaren Frequenzkanäle nutzen, welche zur Vermeidung von Störungen durch angrenzende Zellen erst in einem ausreichend großen Abstand wieder verwendet werden dürfen.

Vorteile und Eigenschaften einer zellularen Netzstruktur

- (1) in zellularen Netzen ist es möglich durch geringe Sendeleistung die den Basisstationen zugeordneten Frequenzen in einem „fest definierten“ Bereich, der sog. Funkzelle zu verwenden.
 - Nach Einhaltung eines Schutzabstandes können diese Frequenzen nochmals benützt werden.
 - Allgemein werden die Zellen idealisiert als regelmäßige Sechsecke dargestellt, was aber durch topographische und umgebungsbedingte Umstände nur annähernd den wirklichen Gegebenheiten entspricht. Im Realfall sind die Funkzellen in ihrer äußeren Form sehr unregelmäßig und überlappen einander außerdem planungsgemäß um ca. 10 - 15 %, damit Mobilstationen im Randbereich einer Zelle die Wahlmöglichkeit zwischen verschiedenen Basisstationen haben.
- Zur Vereinfachung der Netzplanung werden mehrere nebeneinander liegende Zellen zu einem Cluster zusammengefasst, wobei die verwendeten Frequenzen je Cluster nur einmal verwendet werden dürfen.

- Je größer die Zahl der Zellen pro Cluster ist, desto größer ist auch der Sicherheitsabstand (Frequenzwiederholabstand) zwischen gleichen Frequenzen und desto geringer wird die im Mobilnetz insgesamt verfügbare Anzahl der Gesprächskanäle.
- Je niedriger die Zahl der Zellen pro Cluster ist, desto mehr Frequenzen (Funkkanäle) können pro Zelle für das gesamte Mobilfunksystem bei gegebenem Frequenzband eingesetzt werden. Da die Frequenzen dadurch jedoch in geringerer Entfernung wiederholt eingesetzt werden, können die Gleichkanalstörungen¹ größer werden.
- Für GSM wurden zwei Frequenzbänder standardisiert, eines im 900 MHz-Bereich – max. Zellenradius = 35 km – und ein weiteres im 1800 MHz-Bereich – Max. Zellenradius = 8 km.
- In Gebieten mit hohem Verkehrsaufkommen werden die maximalen Zellenradien – 35 km für GSM 900 und 8 km für GSM 1800 - nicht ausgenutzt um die Frequenz-Wiederverwendung und damit die Gesprächskapazität des Netzes zu erhöhen.

Multilayer-Netzstruktur

Um die verfügbaren Funkkanäle optimal auslasten zu können weisen Mobilfunknetze heute in Bereichen mit hohem Verkehrsaufkommen (Innenstadt, Messe u.ä.) eine Multilayer-Struktur auf – siehe auch „Base Transceiver Station“ Seite 12 - die aus folgenden Ebenen besteht:

- Pico-Zellen (Bereich von mehreren 10 Metern),
- Mikro-Zellen (Bereich von mehreren 100 Metern) und
- Makro-Zellen (Bereich von mehreren 1000 Metern).

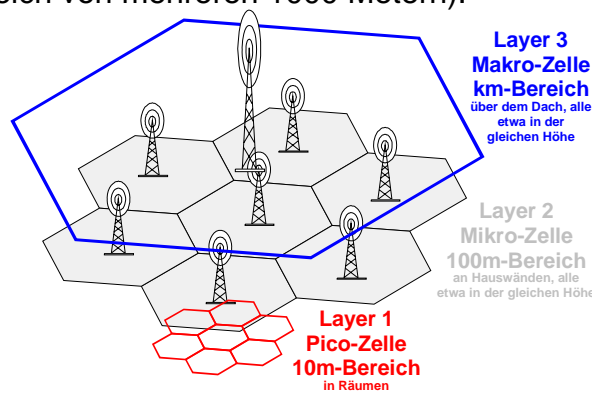


Bild 2 Multilayer-Netzstruktur

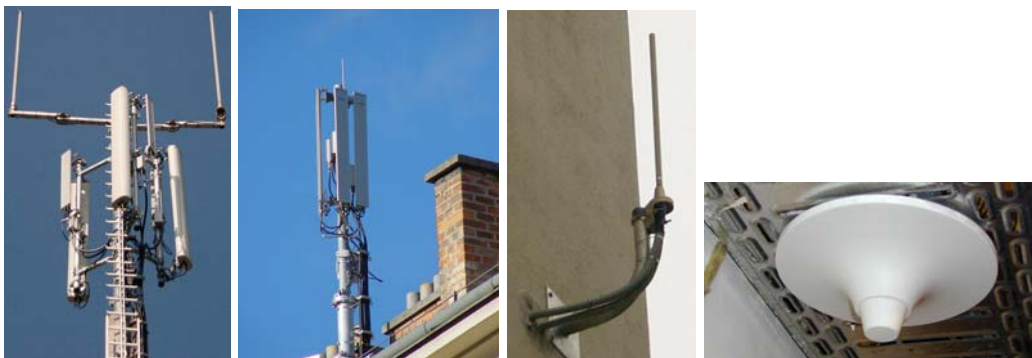


Bild 3 Ausführungsformen von Sende- und Empfangsantennen

¹ Als Gleichkanalstörung bezeichnet man die Störeinflüsse benachbarter Verbindungen (Zellen) die auf derselben Frequenz arbeiten.

Die Funkausleuchtung der Zellen ist stark von der Geometrie der Umgebung der Basisstation abhängig.

Der Aufbau eines Verbindungsweges erfolgt immer über die Zellen der untersten Ebene². Ist die Verbindungskapazität einer Zelle erschöpft oder liegt der Empfangspegel unterhalb des Zulässigen, wird die Verbindung über eine Zelle der darüber liegenden Ebene aufgebaut. Durch ihre flächenmäßig größere Ausdehnung nehmen die Zellen einer höheren Ebene den nicht mehr verarbeitbaren, also überlaufenden Verkehr mehrerer Zellen der unteren Ebene auf.

2.2 Multiplexverfahren

Wie in der Festnetztechnik werden die Ressourcen zur Durchschaltung eines Verbindungsweges aus Kostengründen immer mehrfach ausgenützt. Bei Funksystemen unterscheidet man im Wesentlichen folgende Verfahren:

- Frequency Division Multiplexing (FDM, Frequenzmultiplex),
- Time Division Multiplexing (TDM, Zeitmultiplex),
- Code Division Multiplexing (CDM, Codemultiplex),
- Space Division Multiplexing (SDM, Raummultiplex).

Neben diesen Multiplexverfahren zur Vielfachnutzung der Kapazität eines Übertragungsmediums durch viele Kommunikationsbeziehungen gibt es Zugriffsverfahren zu den jeweiligen Kanälen, z.B. Frequency Division Multiple Access (FDMA) oder Time Division Multiple Access (TDMA). Diese Zugriffsverfahren sind als Schicht 2 Protokolle entsprechend dem ISO/OSI-Referenzmodell nur Bezeichner für die jeweilige Klasse von Protokollen und sind in jedem System speziell festgelegt.

Frequenzmultiplex - FDM

(2) Beim Frequenzmultiplexverfahren wird das für das Funksystem zur Verfügung stehende Spektrum in mehrere Frequenzbänder unterteilt, die gleichzeitig genutzt werden können. Jedes Frequenzband wird als physikalischer Kanal gesehen, welcher jeweils zwei oder mehr Stationen zur Kommunikation zugewiesen wird. Jede Station kann mit der vollen verfügbaren Übertragungsrate des Frequenzbandes, senden bzw. empfangen.

Eine Einteilung des Frequenzspektrums in Frequenzbänder wird erreicht, indem man unterschiedliche Trägerfrequenzen mit den jeweils zu übertragenden Nachrichten moduliert. Empfangsseitig erfolgt die Trennung der Signale durch entsprechende Filterung. Da reale Filter nur eine endliche Flankensteilheit aufweisen, sind Schutzbänder (Guard Bands) nötig, um Interferenzen (Übersprechen) zu vermeiden.

Öffentliche Mobilfunksysteme, wie z.B. GSM oder Bündelfunksysteme wenden das Frequenzmultiplexverfahren an.

Zeitmultiplex - TDM

(3) Die Kapazität eines FDM-Kanals ist u.U. größer, als für eine Kommunikationsbeziehung erforderlich. In solchen Fällen wird der Frequenzkanal abwechselnd mehreren Kommunikationsbeziehungen zuteilen. Dieser Methode führt zum Zeitmultiplexverfahren, bei dem ein Funkkanal in seiner gesamten Bandbreite genutzt wird, aber in Zeitschlitze (Slots) unterteilt wird, die jeder Station periodisch für die Dauer der Verbindung fest zugewiesen werden. In

² unterste Ebene = Pico-Zelle

einem Slot kann die übertragende Station eine bestimmte Anzahl Datenbits unterbringen. Die Folge der durch eine Station genutzten Slots bildet einen Zeitkanal.

Das TDM-Verfahren erfordert für den Zugang zum Übertragungsmedium einen Multiplexer bzw. empfangsseitig einen Demultiplexer, die zueinander genau synchron arbeiten müssen, damit die übertragenen Nachrichten den richtigen Zeitkanälen zugeordnet werden. Ähnlich wie beim FDM-Verfahren muss auch in TDM-Systemen eine Schutzzeit (Guard Time), jetzt zwischen den einzelnen Slots, vorgesehen werden, um Synchronisationsfehler und Signallaufzeitunterschiede und damit Interferenzen der Signale zu vermeiden. Diese Schutzzeit verhindert die Realisierung beliebig kurzer Zeitschlitze und reduziert somit die theoretisch mögliche Kapazitätsausnutzung.

Öffentliche Mobilfunksysteme, wie z.B. GSM wenden das Zeitmultiplexverfahren neben dem Frequenzmultiplexverfahren an.

Das GSM-Mobilfunksystem unterscheidet mehrere Standards, wie GSM 900, GSM (DCS) 1800 und GSM 1900. Bei GSM 900 beträgt der maximale Funkzellenradius 35km, dieser Standard ist sowohl für den Einsatz in urbanen als auch in ländlichen Gebieten vorgesehen.

Bei GSM 1800 (1900) beträgt der maximale Funkzellenradius 8km, dieser Standard wurde für Gebiet mit hohem Teilnehmeraufkommen entwickelt. Die geringe Sendeleistung öffnet besonders kleinen „Mobilen Endgeräten“ den Einsatz.

2.3 Struktur der GSM-Funkschnittstelle U_m

(4) In GSM-PLMNs steht jeweils ein bestimmter Frequenzbereich im 900 MHz-Band (Zellenradius = max. 35 km) und im 1800 MHz-Band (Zellenradius = max. 8 km) für die Funkübertragung zur Verfügung. Dieser Frequenzbereich ist in zwei Teilbänder aufgeteilt, nämlich

- UPLINK (UL) für die Funkübertragung von der MS zur BTS und
- DOWNLINK (DL) für die Funkübertragung von der BTS zur MS.

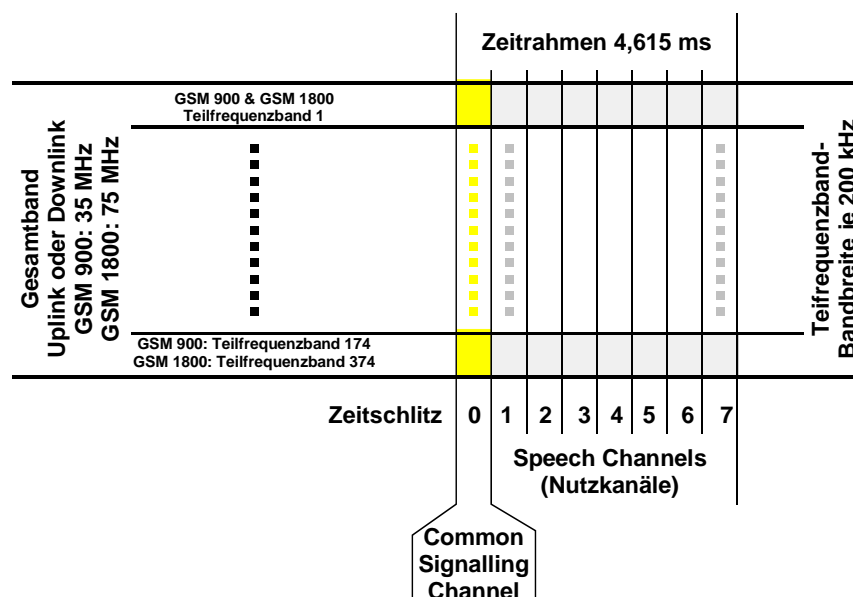


Bild 4 Prinzipielle Struktur der Funkschnittstelle

Auf der GSM-Funkschnittstelle wird eine Kombination von Frequenz- und Zeitmultiplex wie folgt eingesetzt:

- Frequenzmultiplex: Jeder Nachrichtenrichtung (Uplink / Downlink) wird die Hälfte der Gesamt-Bandbreite zugeordnet. Uplink- und Downlinkband werden weiter in je 200 kHz breite Teilfrequenzbänder unterteilt, wobei jeder Basisstation mindestens ein Teilfrequenzband zugeteilt wird.
- Zeitmultiplex: jedes Teilfrequenzband wird weiter in 8 Kanäle unterteilt, die in einem Zeitrahmen von 4,6 ms zusammengefasst sind.

	ursprüngliches GSM 900	Extended GSM 900	GSM 1800
UPLINK	890 und 915 MHz	880 und 915 MHz	1710 und 1785 MHz
DOWNLINK	935 und 960 MHz	925 und 960 MHz	1805 und 1880 MHz
Teilfrequenzbänder	125	175	375
Bandbreite	200 kHz	200 kHz	200 kHz

Tabelle 1 GSM - Frequenzbereiche

Die Funkschnittstellen des GSM 900 und des GSM 1800 sind nach genau den gleichen Prinzipien aufgebaut. Sowohl das untere Teilband UPLINK (Unterband) als auch das obere Teilband DOWNLINK (Oberband) sind in Träger (Carrier = C) oder Radio Frequency Channels (RFC) von 200 kHz Bandbreite unterteilt. Als Modulationsverfahren wird GMSK – Gaußsches Minimum Shift Keying - eingesetzt.

Es sind folgende Frequenzbänder verfügbar:

- GSM 900 mit 25 MHz Breite ergibt 124 Teilfrequenzbänder à 200 kHz
- Extended GSM mit 35 MHz Breite ergibt 174 Teilfrequenzbänder à 200 kHz – in Österreich nicht in Verwendung!
- GSM 1800 mit 75 MHz Breite ergibt 374 Teilfrequenzbänder à 200 kHz

Die Radio Frequency Channels (RFC) werden z.B. bei GSM 900³ von 1 bis 124 nummeriert und nur mit der absoluten HF Kanalnummer (absolute radio frequency channel number, ARFCN) bezeichnet. Dabei findet die absolute Frequenz selbst gar keine Anwendung mehr, lässt sich jedoch über folgende Formeln berechnen:

Uplink: $F_{ul}(n) = 890 \text{ MHz} + 0,2 \text{ MHz} * n$

Downlink $F_{dl}(n) = F_{ul}(n) + 45 \text{ MHz}$

$n = \text{ARFCN}, 1 < n < 124$

Um andere Funkdienste nicht zu stören sollen die Frequenzen mit den Kanalnummern 1 und 125 nicht verwendet werden; bei dieser Einschränkung sind jedoch länderspezifische Ausnahmen zugelassen.

³ die Variante Extended GSM wird derzeit von keinem der österr. Netzbetreiber unterstützt. Die Regulierungsbehörde rtr bereitet aber derzeit das Vergabeverfahren zu GSM (E-GSM - 870/915 - 876/921 MHz, GSM-1800) vor, wobei die Vergabe der Frequenzen für Herbst 2004 vorgesehen ist.

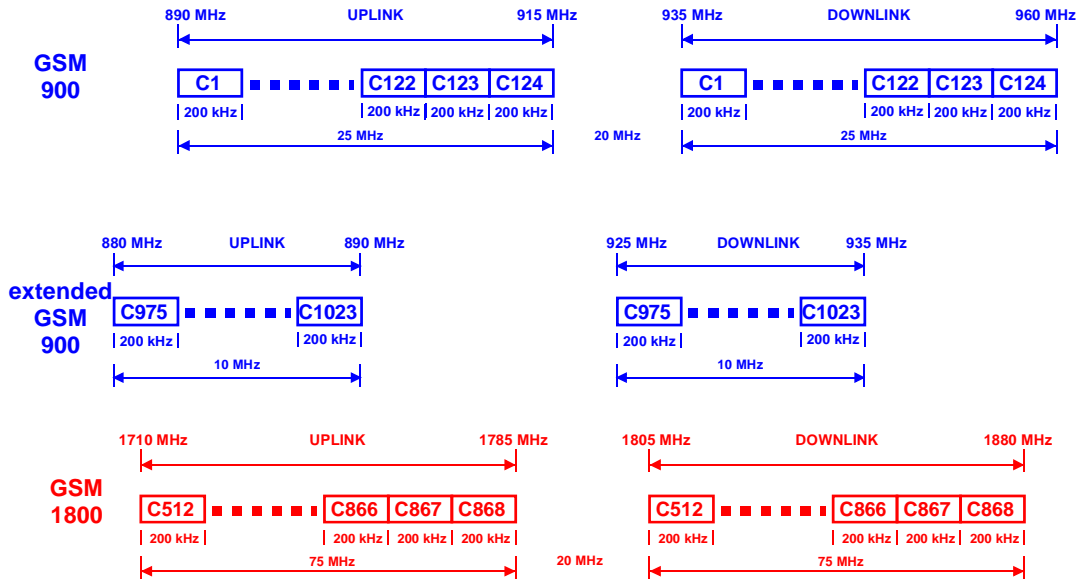
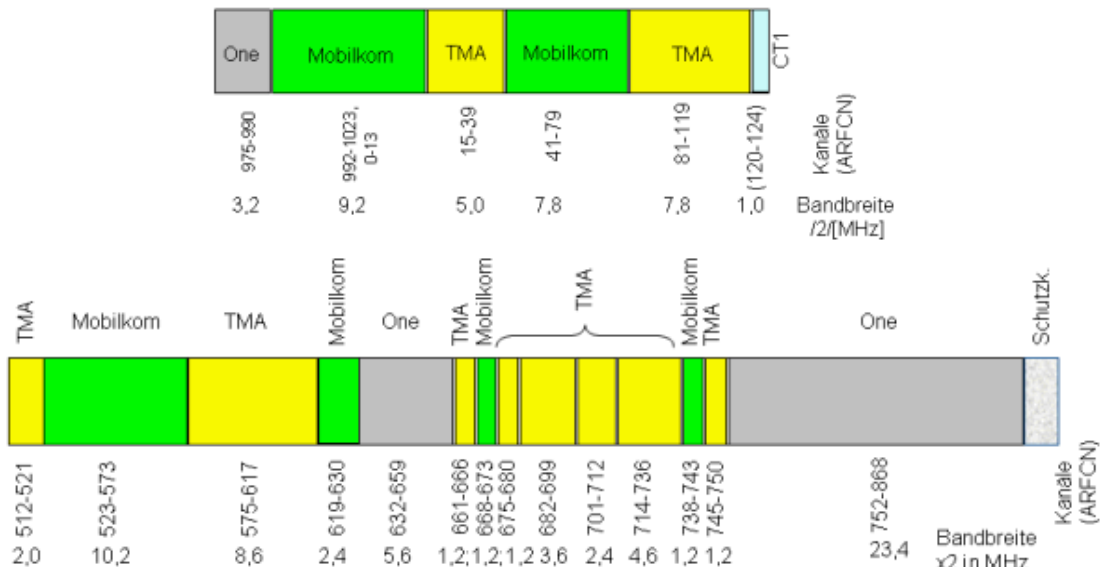


Bild 5 GSM-Frequenzbereiche



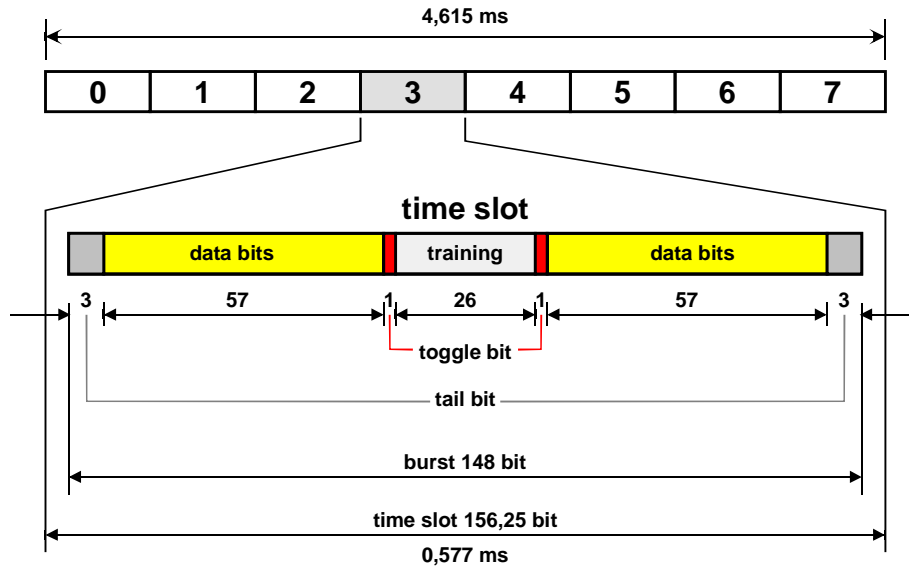
(Stand: 26.04.2006

Quelle: www.rtr.at)

Bild 6 Aufteilung der Frequenzbänder auf die österr. Netzbetreiber

Das Zeitmultiplexverfahren (TDMA)

(5) Bedenkt man, dass GSM-Netze einen Kanalabstand von 200 kHz verwenden, so ist dies im Gegensatz zu analogen Netzen mit einem Kanalabstand von 12,5 kHz bis 30 kHz sehr reichlich bemessen. Um die Frequenzausnutzung analoger Netze zu erreichen, wird dieses „Frequenzspektrum“ bei GSM noch weiter aufgeteilt. Da im Frequenzbereich bereits eine Aufteilung durchgeführt wurde, wird daher noch eine Aufteilung des Zeitbereichs durchgeführt. Analog zum Frequenzmultiplex bezeichnet man diese Aufteilung als Zeitmultiplexverfahren (time division multiple access, TDMA).



timeslot: 0,577 ms = 156,25 bit burst: 0,5465 ms = 148 bit training: 0,096 ms = 26 bit
 data bits: 2x0,2105 ms = 2x57 bit

Bild 7 Aufbau eines TDMA-Rahmens (incl. Normal Burst)

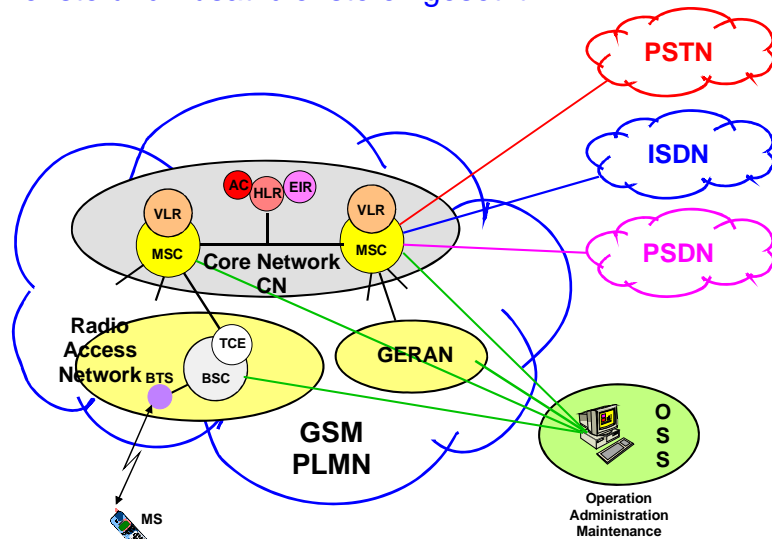
Damit dies ohne Kollisionen verläuft, wird, wie oben gezeigt, eine Einteilung in 8 Zeitschlitz (0..7) vorgenommen. Jeder Teilnehmer erhält dabei einen Zeitschlitz (timeslot) zugeordnet. Nach 7 Zeitschlitz darf der Teilnehmer wieder senden. Außerhalb eines zugewiesenen Zeitschlitzes darf absolut nichts gesendet werden, um andere Teilnehmer nicht zu stören. Dieses Einschalten für einen Zeitschlitz mit anschließendem Ausschalten nennt man Puls- oder Burstbetrieb (burst für „plötzlich erscheinen“). Bis zu 8 Verbindungen, davon eine ausschließlich für die Signalisierung, können so im GSM-Netz auf eine einzelne Frequenz zugreifen.

Dadurch, dass immer nur in jedem achten Zeitschlitz gesendet wird, reduziert sich die effektive Sendeleistung ebenfalls um den Faktor 8. Acht Zeitschlitz werden zu einem „TDMA-Rahmen“ zusammengefasst. Jeder Zeitschlitz hat eine Länge von 577 µs und jeder TDMA-Rahmen von 4,615 ms (8 • 577 µs).

Der in den Layer-3-Nachrichten enthaltene Parameter Timing Advance – TA – erlaubt es die Signal-Laufdauer um bis zu 63 Bit zu verkürzen und damit eine Veränderung der Schleifenlaufzeit BTS – MS - BTS durch Standortveränderung der MS zu kompensieren.

3 Systemarchitektur

- (6) Ein GSM-PLMN (Public Land Mobile Network) besteht generell aus drei Teilsystemen:
- GSM Radio Access Network GERAN
auch Base Station Subsystem (BSS) genannt, entspricht dem Access Network (Lokalnetz) eines Festnetzes
 - GSM Core Network CN
auch Switching Subsystem (SSS) genannt, entspricht dem Fernnetz eines Festnetzes
 - Operation and Maintenance Subsystem (OMS)
entspricht dem OAM- bzw. TMN-Netz eines Festnetzes und wird wie dort zur Bedienung, Wartung und Verwaltung der Netzkomponenten und der Teilnehmerrufnummern, ihrer Dienste und Zusatzdienste eingesetzt.



GERAN	GSM Radio Access NW	CN	GSM Core Network	OSS	OAM Subsystem
AC	Authentication Center	HLR	Home Location Register	EIR	Equipment Identification Reg.
MSC	Mobile Switching Center	VLR	Visitor Location Register	BSC	Base Station Controller
BTS	Base Transceiver Station	MS	Mobile Station	PLMN	Public Land Mobile Network
TCE	Transcoding and Rate Adaption Unit	PSTN	Public Switched Telephone Network	PSDN	Public Switched Data Network

Bild 8 GSM-Systemarchitektur

(7) Zwischen dem BSS und den anderen GSM-Netzkomponenten sind verschiedene Schnittstellen festgelegt worden, die den Informationsaustausch zwischen Teilnehmer und GSM-Netz bzw. anderen Netzen und zwischen BSS und Betreiber- bzw. Vermittlungsteilsystem regeln.

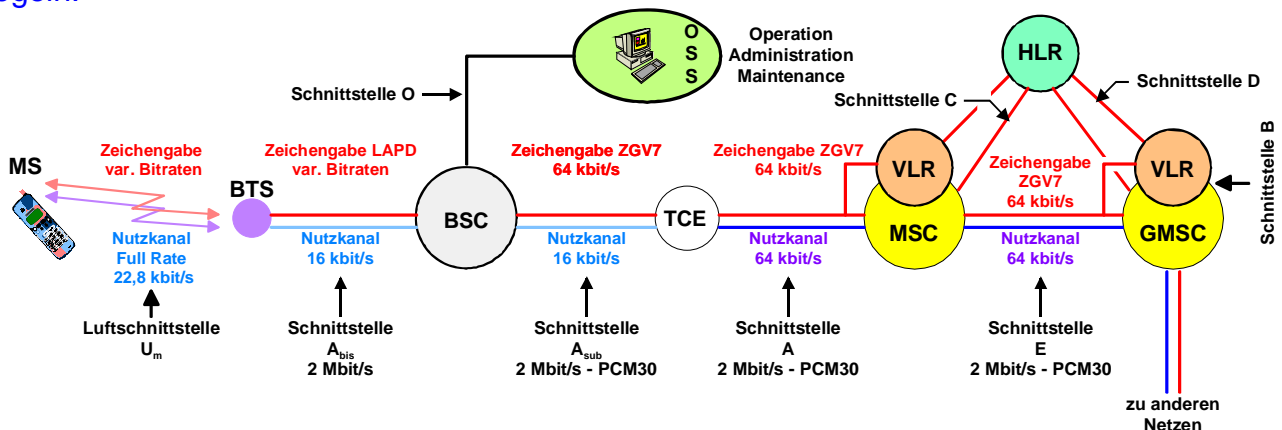


Bild 9 Schnittstellen im GSM

- **U_m-Schnittstelle (BTS – MS)**
 Zum mobilen Teilnehmer besteht die sog. U_m-Schnittstelle.
 Sie ist durch spezifische Parameter der digitalen Funkübertragung, wie GMSK-Modulation, Datenrate, Lage der Trägerfrequenzen im 900-MHz-Band, Kanalraster usw., gekennzeichnet.
 Sprachdaten werden mit 13kbit/s (oder 12,2kbit/s beim EFR-Modus) übertragen und entsprechend mit 9,8kbit/s (bzw. 10,6kbit/s bei EFR) kanalkodiert, um die Sprachdaten zu schützen. Da das menschliche Gehör geringe Fehler durch seine Trägheit nicht registrieren kann, sind Sprachdaten wesentlich unempfindlicher gegenüber Störungen als EDV-Daten, wodurch EDV-Daten nach besseren „Schutzmechanismen“ verlangen.
- **A-Schnittstelle (MSC – TCE)**
 Zum Festnetz des GSM-Netzes ist das BSS über die A-Schnittstelle mit MSCs verbunden. Die A-Schnittstelle ist durch spezifische, digitale Übertragungsparameter gekennzeichnet, zu denen u.a. PCM (Puls Code Modulation), eine Datenrate von 64 kbit/s und eine Bandbreite von 4 kHz gehören.
- **O-Schnittstelle**
 Die Netzverfügbarkeit und -qualität wird vom Netzüberwachungs- und Wartungszentrum des GSM-Betreibers über eine O-Schnittstelle ermittelt, mit der ein direkter Zugriff auf BSS-Einheiten besteht.

3.1 Mobile Station (MS)

(8) Die GSM-Mobilfunkstation - MS, das sog. Handy, führt den Informationsaustausch über die Luftschnittstelle von und zur Base Tranceiver Station durch. Sie besteht aus:

- „Mobile Equipment - ME“, den für die Funkschnittstelle spezifischen Hardware- und Softwarekomponenten die durch eine vom Hersteller vergebene, weltweit eindeutige Mobilgerätekennungsnummer die Equipment Identity EI gekennzeichnet sind und
- Subscriber Identity Module (SIM), der alle teilnehmerspezifischen Informationen enthält.
 Das Subscriber Identity Module SIM hat die Funktion eines Schlüssels, einmal aus dem Endgerät entfernt, kann dieses, soweit das Netz es erlaubt, z.B. nur mehr für Notrufe verwendet werden. Mit Hilfe des SIM kann sich ein Teilnehmer über jede beliebige Mobilstation im Netz identifizieren und somit das Funkgerät personalisieren.

Für die Verwaltung einer Mobilstation innerhalb des GSM-Netzes sind folgende wichtige Daten auf der SIM gespeichert:

- International Mobile Station Identity (IMSI),
 sie ist die System (GSM) interne Teilnehmerkennung; sie ist öffentlich nicht bekannt und besteht aus MCC⁴+MNC⁵+MSIN⁶
- Temporary Mobile Station Identity (TMSI),
 sie ist jene Teilnehmerkennung unter welcher eine Mobilstation im besuchten VLR verwaltet wird und besteht aus 4 Oktetten mit Netzbetreiber individueller Struktur

⁴ MCC = Mobile Country Code

⁵ MNC = Mobile Network Code

⁶ MSIN = Teilnehmeridentität im HLR

- Local Area Identity (LAI), sie kennzeichnet eine Gruppe zusammengehöriger Zellen und besteht aus MCC+MNC+LAC⁷
- teilnehmerindividueller Schlüssel (Ki)
- Algorithmen zur Überprüfung der Netzzugangsberechtigung und zur Funkkanal-Verschlüsselung (A₃, A₅, A₈)

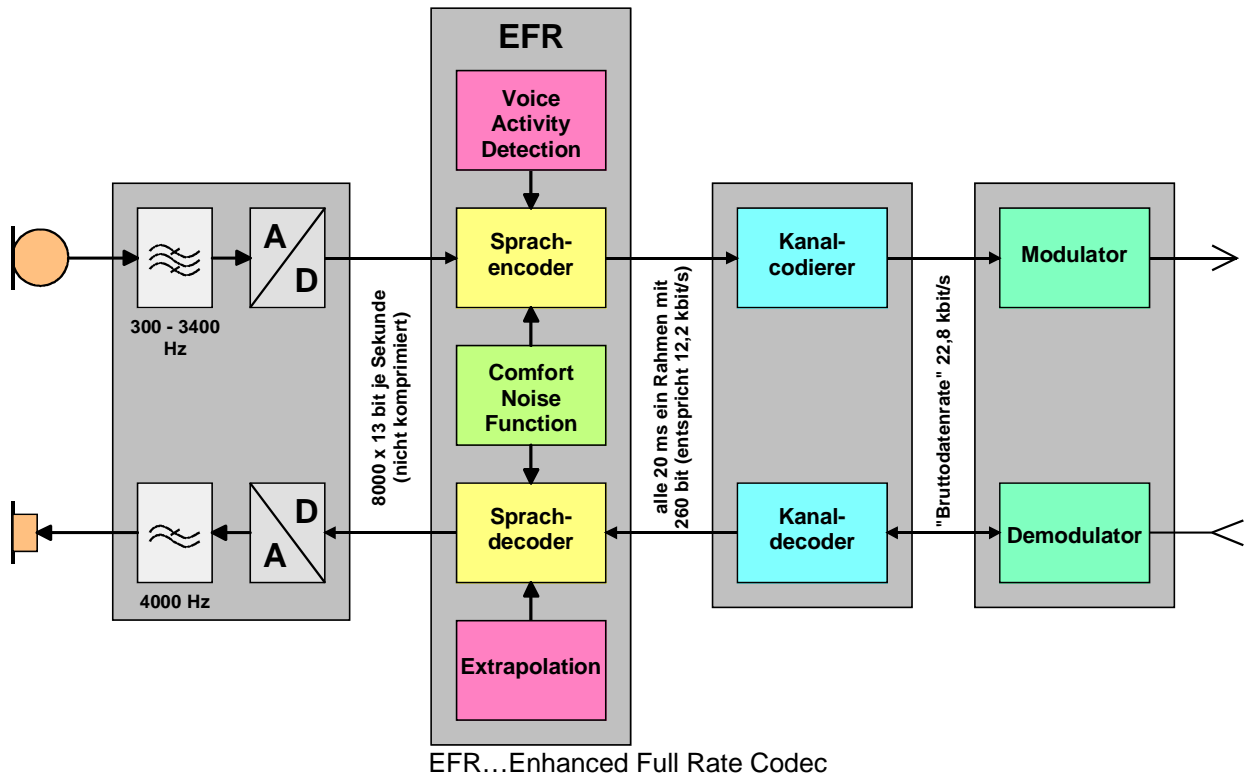


Bild 10 Blockdiagramm eines „Mobile Equipments“

Enhanced Full Rate bietet eine bessere Sprachqualität, sofern das Handy diesen moderneren Sprachkompressions-Standard unterstützt. Fast alle am Markt erhältlichen GSM-Handys unterstützen EFR - bei einigen Handys muss bzw. kann der EFR-Modus manuell aktiviert bzw. deaktiviert werden. Viele Handys sind bereits fix für EFR-Sprachqualität eingestellt. Der Nachteil von EFR ist, dass das Handy für diesen Kodierungsstandard etwas mehr Akkuenergie verbraucht. Wer also EFR deaktiviert, hat eine längere Akku-Standzeit - allerdings auch eine etwas schlechtere Sprachqualität. Der neue Enhanced Full Rate CODEC von GSM benutzt für die Kompression das ACELP-Verfahren (Algebraic Code Excitation Linear Prediction). EFR-Sprache hat eine Übertragungsrate von 12,2kbit/s. Das ältere Sprachkompressionsverfahren von GSM verwendet das LPC-RPE-Verfahren (Linear Prediction Coding with Regular Pulse Excitation) und benötigt eine Datenrate von 13kbit/s. Da LPC-RPE das ältere Verfahren ist, wurden in diesem Sprachkompressionsverfahren noch nicht modernen Algorithmen verwendet, die die menschliche Sprache optimal komprimieren können. Deswegen ist trotz höherer Datenrate die Sprachqualität von LPC-RPE qualitativ nicht so gut wie die von EFR.

Die Spezifikation GSM 06.60 beschreibt sowohl das Mapping zwischen Eingabeblöcken von jeweils 160 Sprachproben (in 13-bit-PCM) zu codierten Ausgabeblöcken von 244 bit als auch die Umwandlung von codierten Eingabeblöcken zu je 244 bit in Blöcke bestehend aus je 160 Sprachproben (in 13-bit-PCM). Die Abtastrate beträgt 8000 Sprachproben pro Sekunde, und

⁷ LAC = Local Area Code

führt zu einer Bitrate für den verschlüsselten Bitstrom von 12,2 kbit/s. Das Kodierverfahren ist, die sog. Algebraic Code Excited Linear Prediction (ACELP).

Die Spezifikation beschreibt aber auch die Umwandlung zwischen A-Gesetz-PCM und 13-bit-PCM.

Mobilfunkstationen können in Fahrzeugen installiert oder als portable/handportable Geräte ausgeführt sein und sind entsprechend der zulässigen Sendeleistung in fünf Klassen unterteilt:

Klasse	GSM 900		GSM 1800	
	max. zul. Sendeleistung [W]	Gerätetyp	max. zul. Sendeleistung [W]	Gerätetyp
1	20	fest eingebaut od. portabel	1	handportabel
2	8	fest eingebaut od. portabel	0,25	handportabel
3	5	handportabel	—	—
4	2	handportabel	—	—
5	0,8	handportabel	—	—

Tabelle 2 Geräteleistungen

3.2 GSM Radio Access Network GERAN (Base Station Subsystem BSS)

(9) Ein GSM Radio Access Network GERAN⁸ (Base Station Subsystem) besteht aus:

- BTS (Base Transceiver Station)
- BSC (Base Station Controller)
incl. TCE (Transcoding Equipment, Transcoder)

Bedingt durch die begrenzte Sendeleistung der Base Transceiver Stations die nur ein bestimmtes geographisches Gebiet im Netz versorgen können, entstehen Funkzellen, in denen sich der mobile Teilnehmer frei bewegen und dabei kommunizieren kann. Die Größe der einzelnen Zellen ist von einer Reihe von Parametern abhängig, zu denen u.a. die charakteristische Wellenausbreitung, die örtliche Morphologie und die regional zu erwartende Teilnehmerdichte gehören. Das GERAN entspricht hierarchisch gesehen, einer Lokalvermittlungsstelle in der Lokalnetzebene eines ISDN.

Base Transceiver Station - BTS

Base Transceiver Station BTS (Basisstation) setzt die Signale der Funkstrecke in elektrische Signale mit je 16 kbit/s um. Sie besteht je eingesetztem Teilfrequenzband aus:

- Sende- und Empfangsanlage und zugehörigen Antennen

Je nach Antennentyp versorgt sie eine oder mehrere Zellen, so können z.B. Sektorantennen drei im Winkel von 120° zueinander angeordnete Zellen bedienen. Ihre Sendeleistung ist in acht Klassen unterteilt:

⁸ GERAN...GSM/EDGE Radio Access Network; wird auch für GPRS-fähige Access Networks verwendet.

Klasse	max. Sendeleistung [W]	Klasse	max. Sendeleistung [W]	Klasse	max. Sendeleistung [W]	Klasse	max. Sendeleistung [W]
1	320	3	80	5	20	7	5
2	160	4	40	6	10	8	2,5

Tabelle 3 Sendeleistungen



Makroantenne

Makroantenne

Mikroantenne

Pico-Antenne

Bild 11 Ausführungsformen von Sende- und Empfangsantennen

Base Station Controller - BSC

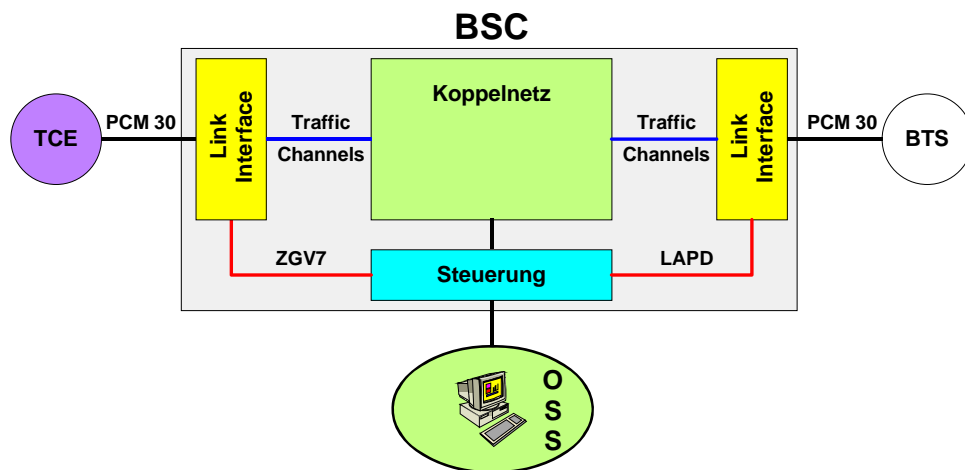


Bild 12 Blockdiagramm des BSC

(10) Der BSC besteht aus einem Koppelnetz mit Steuerung und zwei Leitungsschnittstellen. Er ist die Steuer- und Kontrolleinheit des BSSs und hat folgende Aufgaben durchzuführen:

- Verwalten der Funkschnittstelle
- Reservieren, Zuteilen und Freigeben von Funkkanälen
- Durchführen eines Handover
- Suchen angerufener Teilnehmer mittels Paging
- Übertragen verbindungsbezogener Nutz- bzw. Signalisierdaten von/zur MSC.

Transcoding Equipment – TCE

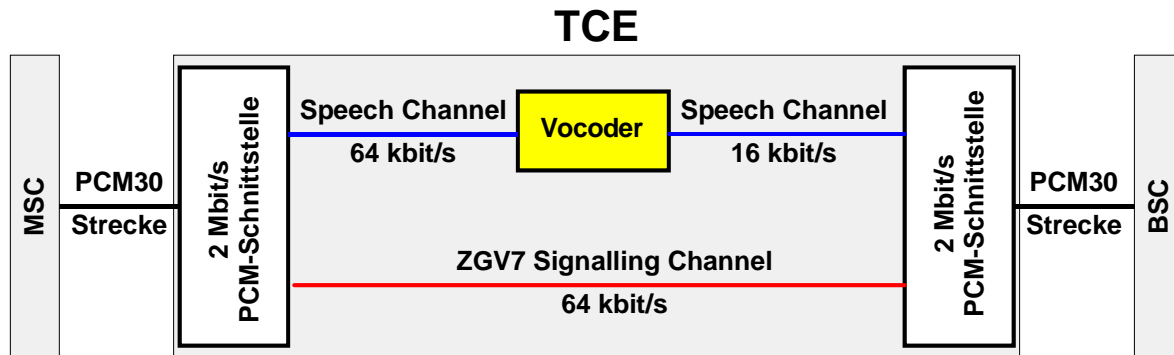


Bild 13 Blockdiagramm des TCE

(11) Das TCE ist vom Systemkonzept her Bestandteil des BSC wird jedoch häufig in einer MSC aufgestellt, da sie als „Schnittstelle“ für die Anpassung der Übertragungsrate der Nutzkanäle zwischen MSC und BSC (A- und der A_{sub} Schnittstelle) von 64 kbit/s auf 13 kbit/s zuständig ist. Die Durchschaltung der zentralen Zeichengabekanäle erfolgt ohne Datenreduktion. Die TCE komprimiert die von der A-Schnittstelle kommenden Nutzdaten von 64kbit/s auf 16kbit/s wodurch über die A_{sub}-Schnittstelle die 4-fache Menge an Nutzkanälen transportiert werden kann.

Wichtige Merkmale der TCE sind:

- gute Nachbildung der Kurvenform im Sprachband von 300...3400 Hz mit 64 kbit/s
- Low Bitrate Waveform Coding: Nachbildung der Kurvenform mit <16kbit/s)
- Vocoding: Übertragen wird „was ähnlich klingt“, Nachbildung der menschlichen Spracherzeugung, (Bitraten theoretisch bis auf 5,3 kbit/s senkbar)
- Erkennen von Fax, Modem und MFV da kein mehrmaliges Codieren/Decodieren zulässig ist

3.3 Core Network CN (Switching Subsystem SSS)

Vermittlungstechnische bzw. netzorientierte Funktionen werden im Core Network bzw. vermittlungstechnischen Teilsystem (Switching Subsystem, SSS) durchgeführt. Das CN bildet ein Übergangsnetz zwischen dem Mobilnetz und den öffentlichen Partnernetzen (z.B. Telefonnetz⁹, ISDN¹⁰, Datennetz¹¹).

Bestandteile des Core Networks CN sind:

- Mobilvermittlungsstellen (Mobile Services Switching Center, MSC) mit der Besucherdatei (Visitor Location Register, VLR)
- Heimatdatei (Home Location Register, HLR)

⁹ Public Switched Telephone Network, PSTN

¹⁰ Integrated Services Digital Network

¹¹ Public Switched Data Network, PSDN

- das für die Teilnehmerverwaltung erforderliche Authentication Center (AC)
- Equipment Identity Register (EIR).

Mobile Services Switching Center – MSC

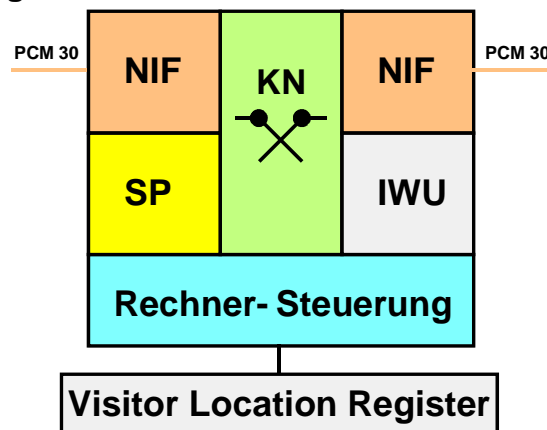


Bild 14 Blockdiagramm einer Mobilvermittlungsstelle MSC

(12) Das MSC ist eine ISDN-Transitvermittlungsstelle ergänzt mit der sog. Inter Working Unit IWU und speziellen Softwaremodulen für die Mobilkommunikation.

Eine MSC führt u.a. folgende Aufgaben durch:

- Verbindungsaufbau innerhalb des Mobilnetzes und zu anderen Netzen (PSTN, ISDN, PSDN)
- Verbinden verschiedener Netzeinheiten mit den Basisstationssystemen
- Aufzeichnen der zur Abrechnung erforderlichen Verbindungsdaten
- Einspielen von Anzeigetexten

Die Interworking-Einheit IWU beinhalten ein Modem welches akustische Daten in Binärdaten umwandelt und umgekehrt, damit über die für Sprachkommunikation vorgesehene Luft-schnittstelle auch Daten übertragen werden können.

Visitor Location Register - VLR

(13) Jeder MSC ist eine Besucherdatei, das VLR, zugeordnet. Das VLR dient zur Verwaltung jener Teilnehmer, die sich im Zuständigkeitsbereich dieser MSC aufhalten.

Durchquert ein Mobilteilnehmer mehrere Aufenthaltszonen einer MSC, werden auch die Teilnehmerdaten im VLR durch einen speziellen Dialog laufend aktualisiert. Entsprechendes gilt beim Wechsel des MSC-Zuständigkeitsbereiches.

Verlässt ein Teilnehmer seinen aktuellen VLR-Bereich, werden seine Daten gelöscht.

Das VLR erfüllt u.a. folgende Funktionen:

- Organisation der Teilnehmerdaten wie z.B. die vereinbarten Dienste
- Verwalten der Teilnehmernummern wie z.B. MSISDN, IMSI, TMSI
- Verwalten der Aufenthaltszone LAI
- Bereitstellen der Schlüssel zu Verschlüsselung
- Bereitstellen den Mobile Station Roaming Number MSRN bei Passivverbindungen damit ein Nutzkanal von der MSC des A-Teilnehmers zur besuchten MSC (= MSC des B-Teilnehmers) geschaltet werden kann

Home Location Register - HLR

(14) Das Home Location Register, auch Heimatdatei genannt, ist die zentrale Datenbank eines Mobilnetzes und enthält die Daten aller in diesem Netz registrierten Teilnehmer. Meistens ist das HLR bei einer Mobilvermittlungsstelle (MSC) des GSM-Netzes angeordnet. Je GSM-Netz ist logisch nur ein HLR notwendig, aus verwaltungstechnischen Gründen kann es

aber auch mehrere geben. Jeder mobile Teilnehmer und dessen Daten sind in nur einer Heimatdatei registriert.

Das Home Location Register speichert die für die Gesprächsabwicklung erforderlichen statischen und dynamischen Kundendaten. Dazu gehören:

- Zugriffsberechtigungen wie
 - Rufnummer- MSISDN
 - MS-Identitätsnummer – IMSI und
 - persönlichen (Authentifizierungs) Schlüssel – Ki
 - Dienste-Berechtigungen
 - Zusatzdienste
 - Aufenthaltsbereich des Teilnehmers
 - Signalisierungsadresse des VLR – VLRid
- Verlässt der Teilnehmer seinen momentanen Aufenthaltsbereich und wechselt dabei die für ihn zuständige MSC, erfolgt im HLR eine sofortige Aktualisierung.

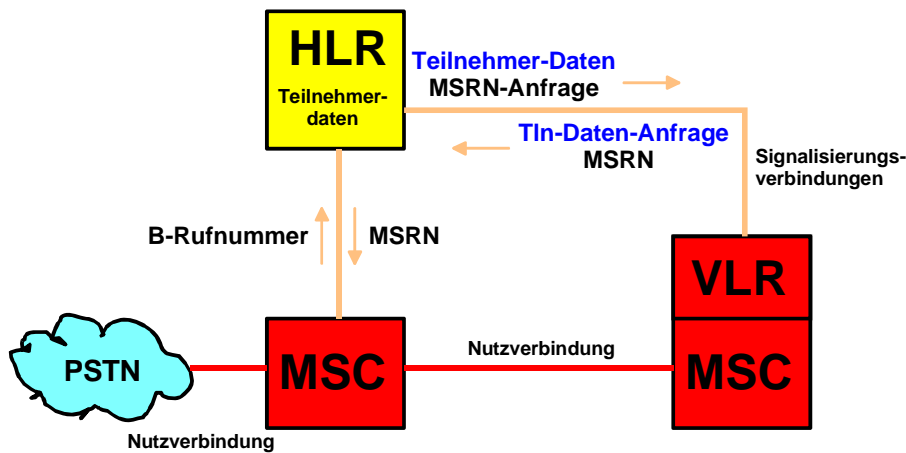


Bild 15 Prinzipielle Aufgabe des HLR bei einer kommenden Verbindung

Authentication Center - AC

(15) Um den Missbrauch von GSM-Verbindungen zu unterbinden wurden, da die Funkschnittstelle für Zugriffe überaus anfällig ist, besondere Maßnahmen zum Schutz der Teilnehmeridentität, der Nutzung seiner Berechtigung und seiner Mobilkommunikation gegen Abhören über die Funkschnittstelle getroffen. Die dafür erforderliche Daten, sog. Triples, werden im AC mittels des teilnehmerindividuellen Schlüssels Ki, einer Zufallszahl – RAND - und den Algorithmen A₃ und A₈ erzeugt und dem VLR bzw. Mobilgerät je Verbindung zur Verfügung gestellt.

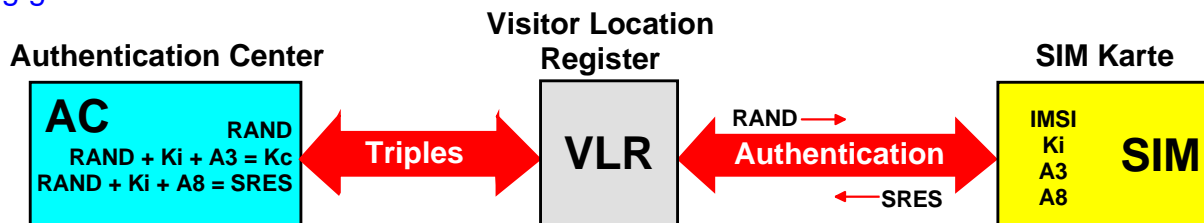


Bild 16 Aufgabe des Authentication Centers

Equipment Identity Register - EIR

Das EIR ist die zentrale Gerätedatenbank und dient zur Speicherung der International Mobile Equipment Identity, IMEI und entsprechender Besitzerkennungen. Das EIR kann im Rahmen

einer Überprüfung der Netzzugangsberechtigung – Authentifizierung – abgefragt werden und die Berechtigungsprüfung beeinflussen.

Das EIR kann z.B. folgende Informationen enthalten:

- eine (weiße) Liste, mit den IMEIs aller „gültigen“ Handys,
- eine (schwarze) Liste mit den IMEIs gestohlener oder gesperrter Handys für die kein Netzzugang mehr bereitgestellt wird,
- eine (graue) Liste mit den IMEIs von Geräten mit nicht mehr kompatibler Hardware und/oder Software, so wie für Geräte mit Funktionsstörungen, für die keine Dienste mehr bereitgestellt werden.

3.4 Operation and Maintenance Subsystem (OSS)

Das OSS steuert, überwacht und wartet als zentrale Stelle eines GSM-Netzes alle vermittlung-, funk- und betriebstechnischen Einrichtungen und damit die Dienstgüte des Netzes.

Es besteht aus einem oder mehreren Operation & Maintenance Centers (OMC) welche in der Regel über die standardisierte O-Schnittstelle (eine X.25-Schnittstelle) mit den Netzelementen BTS, BSC, MSC, VLR und HLR verbunden sind. Es erhält alle Alarmmeldungen über aufgetretene Fehler wie Hardware-Ausfälle, Stromausfall, Einbruch, etc.

Das Operation und Maintenance Subsystem OSS des GSM umfasst also alle für Betrieb und Wartung wichtigen Funktionen, welche in drei Aufgabengebiete unterteilt werden können:

- Mobilendgeräteverwaltung (Mobile Equipment Administration)
- Teilnehmerverwaltung (Subscriber Data Management)
- Netzbetrieb und Wartung (Network Operation and Maintenance)

Mobile-Equipment Administration

Die Verwaltung mobiler Endgeräte durch das OSS betrifft nur Informationen bzgl. Besitzer- und Endgeräteidentität - Endgerätemobilität samt Roaming, Routing und Paging werden im SSS koordiniert.

Mittels dieser Funktion können z.B. gestohlene oder fehlerhafte Endgeräte gesucht werden.

Subscriber Data Management

Darunter versteht man die Verwaltung der Teilnehmer und Endgeräte, so wie die Entgeltabrechnung.

Die Teilnehmerdaten sind im HLR gespeichert und werden dort verwaltet; datensicherheits-spezifische Informationen liegen im AC. Das HLR kann einen eingeschränkten Zugang für Elemente fremder Netze vorsehen, um z.B. an verschiedenen Orten gespeicherte Daten konsistent halten zu können und Diensteanbietern den Zugriff auf Tarif- und Dienstdaten zu ermöglichen. Die Teilnehmerverwaltung kann aufgrund der im HLR gespeicherten persönlichen Daten den GSM-Benutzer authentifizieren und ihm die entsprechenden dienstabhängigen Entgelte zuweisen (Call Charging).

Network Operation and Maintenance

Darunter versteht man die Möglichkeit über Operatorkommandos Eingriffe ins System vorzunehmen sobald die Netzverwaltung durch Alarm über unvorhergesehene Vorkommnisse im Netz informiert wird, ferner fallen darunter die Ermittlung statistischer Daten über den Zustand und die Auslastung der Netzelemente.

Zum Netzmanagement und zur Abwicklung von Wartungsaufgaben wird ein spezielles Netz zur Verbindung von OMC und Netzelementen verwendet. Dieses Netz beruht auf dem von ITU-T entwickelten Konzept des TMN (Telecommunication Management Network). Das TMN bildet ein integriertes Netz mit eigenen Datenbanken, das dem Betreiber Überwachungs-, Steuerungs- und andere Eingriffsmöglichkeiten bietet. Es hat Verbindungen mit definierten Schnittstellen zu den Netzelementen des Nutznetzes und zu den Arbeitsplatzrechnern des Betriebspersonals.

Die TMN-Funktionen sind ähnlich wie die Netzelementfunktionen im OSI-Referenzmodell in einzelne Schichten gegliedert:

- Business Management: kontrolliert die Interaktion zwischen Netz und Diensten und stellt Informationen zur weiteren Dienst- und Netzentwicklung zur Verfügung;
- Service Management: dient der Abwicklung aller vertraglichen Aspekte eines Dienstes zwischen Anbieter und Kunden;
- Network Management: unterstützt alle Netzelemente und ermöglicht das Aktivieren von Funktionen gleichartiger Elemente eines Netzes;
- Network Element Management: ermöglicht den Zugriff auf einzelne Netzelemente.

4 GSM - Funktionsprinzip

Mit Hilfe des Mobilfunks können Fernsprechverbindung zwischen mobilen Endgeräten (Mobile Stations MS) und ortsfesten oder anderen mobilen Endgeräten hergestellt werden. Mobile Endgeräte können sich in Fahrzeugen, Schiffen oder Zügen befinden, aber natürlich auch in Form sog. Mobiles oder Handys an vielen anderen Stellen benützt werden. Ein Mobilfunknetz besteht neben dem Mobilteil, das sind die über Funkstrecken angeschlossenen mobilen Endgeräte, aus einem Festnetzteil bestehend aus mehreren GSM Radio Access Networks (GERAN, Sende- und Empfangssysteme) und einem Core Network CN mit Vermittlungsstellen (MSC = Mobil-Vermittlungsstellen). Die MSCs bieten neben der Verbindung untereinander auch einen Übergang zum Festnetz, wo mit herkömmlichen Übertragungsverfahren die Verbindung zu Festnetzteilnehmern oder anderen Mobilfunknetzen hergestellt wird.

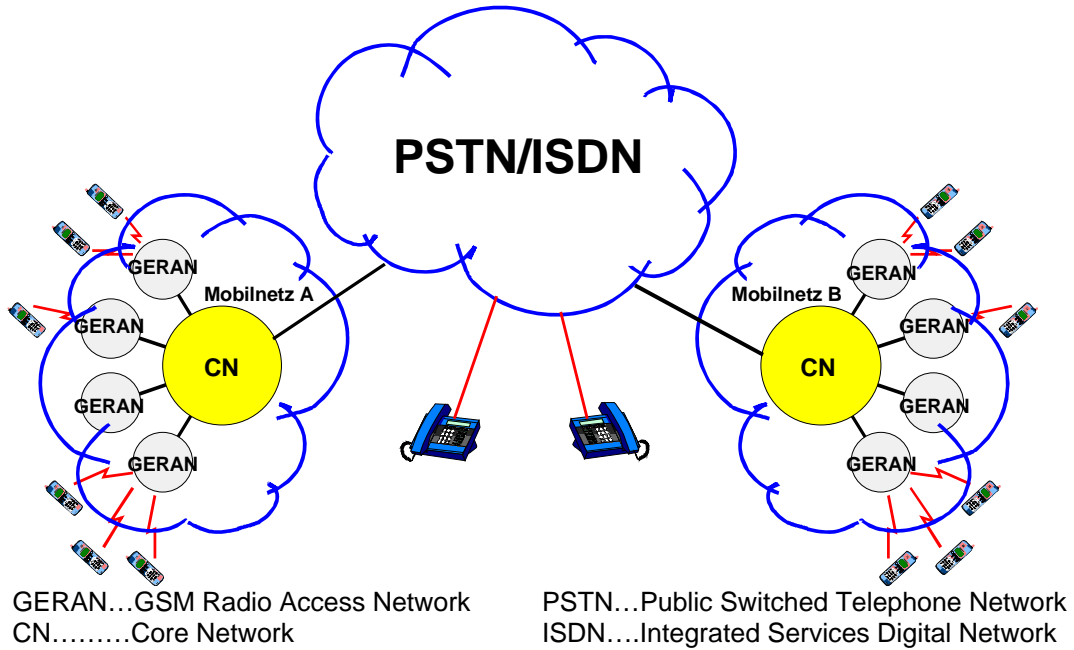


Bild 17 Funktionsprinzip Blockschaltbild:

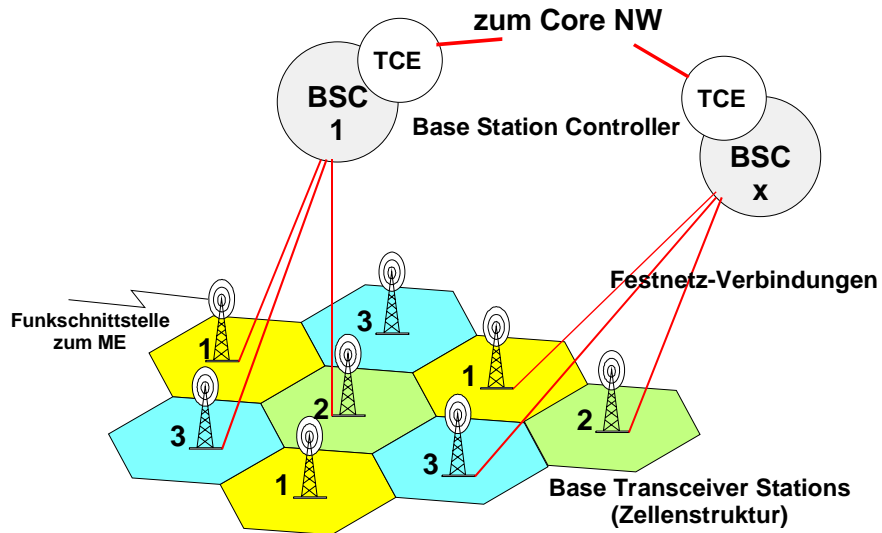


Bild 18 Komponenten des GSM Radio Access Networks GERAN

4.1 Wegedurchschaltung

4.1.1 Einbuchen ins Netz

(16) Sobald ein Mobilteilnehmer sein Endgerät einschaltet laufen vor dem Einbuchen ins Netz zunächst gerätespezifische Prüfsequenzen ab und anschließend die netzbezogenen Vorgänge der Location Registration. Um eine Location Registration und damit das Einbuchen ins Netz positiv abschließen zu können, wird eine Authentication¹² durchgeführt durch welche die Zugangsberechtigung der SIM-Karte zum Mobilnetz überprüft wird.

¹² Eine Authentifizierung des Endgerätes wird außer bei der Inbetriebnahme (Einschalten) auch vor jedem Gesprächsaufbau durchgeführt.

Wechselt der Teilnehmer nach dem Einschalten der MS seinen Aufenthaltsbereich ohne dabei ein Gespräch zu führen, so wird der Aufenthaltsbereich mittels eines Location Update¹³ aktualisiert. –Dieser Location Update wird immer dann ausgelöst, wenn die auf der SIM-Karte gespeicherte LAI von der im Broadcast Channel der gegenwärtig günstigsten Zelle empfangenen LAI abweicht.

Beim Abschalten der MS wird ein Flag (Detach Flag) im VLR gesetzt. das z.B. für ein Weiterleiten ankommender Verbindungswünsche bei „Abwesenheit“ des mobilen Benutzers verwendet werden kann. Beim Einbuchen oder durch eine beliebige andere Aktivität des mobilen Benutzers wird dieses Flag wieder zurückgesetzt.

4.1.2 Aktivverbindung

Um ein Aktivgespräch (Mobile Originated Call MOC) zu führen wählt der Mobilteilnehmer an seinem Endgerät eine Teilnehmernummer und drückt die Verbindungstaste. Dadurch fordert die MS die Bereitstellung einer Nutzkanalverbindung an worauf das VLR die Authentication durchführt, eine neue TMSI zuweist, und die Berechtigung des Teilnehmers für den gewünschten Dienst (subscription check) prüft. Ist die Berechtigungsprüfung des Teilnehmers für den gewünschten Dienst erfolgreich, wird ihm ein Nutzkanal auf der Luftschnittstelle zugewiesen, und das MSC baut die Nutzkanalverbindung vom BSC zum B-Teilnehmer auf. Das HLR ist an einem Mobile Originated Call nicht beteiligt.

Zur Zuteilung eines Nutzkanales sind ca. 14 Meldungen zwischen Mobilstation und Basisstation notwendig, der dafür notwendige Zeitaufwand beträgt etwa 2 Sekunden.

¹³ Achtung: der Update des Aufenthaltsbereiches während eines Gespräches wird als Handover bezeichnet.

4.1.3 Passivverbindung

Bei einer Passivverbindung (Mobile Terminated Call MTC) ist vor der Verbindungsdurchschaltung der Aufenthaltsort des B-Teilnehmers mittels Interrogation und Paging festzustellen.

Interrogation

(17) Sobald die MSISDN von einem z.B. PSTN-Teilnehmer gewählt wird, führt die Ziffernbeurteilung im PSTN zum Aufbau einer Nutzkanalverbindung von der Ursprungs-VSt zum MSC, welches den Zugang zum Ziel-PLMN darstellt - diese MSC wird als Gateway-MSC bezeichnet.

Um die Nutzkanalverbindung zu jener MSC durchzuschalten in deren Bereich sich der Mobilteilnehmer gerade aufhält benötigt die Gateway-MSC eine zusätzliche Leitweginformation. Diese Leitweginformation heißt Mobile Station Roaming Number (MSRN) und ist eine Ziffernkombination, die in ihrer Struktur einer MSISDN entspricht, d.h. sie besteht aus CC, NDC und einer individuellen Nummer, die in diesem Fall jedoch weder ein HLR noch einen Teilnehmer kennzeichnet sondern bei der Zifferauswertung immer zum (damit assoziierten) besuchten MSC (MSC des B-Teilnehmers) führt.

Man erhält die MSRN durch die sog. Interrogation an das HLR¹⁴ welches mit der dort gespeicherten Signalisierungsadresse des besuchten VLR diese abfragt und die erhaltene MSRN an die Gateway MSC weiterleitet.

Paging

Da die MSC nur die Location Area vom letzten Location Update kennt, muss zunächst die aktuelle Zelle bestimmt werden. Dazu beauftragt die MSC alle BSC, die diese Location Area bedienen, über einen CCCH eine Suchmeldung auszusenden. Dieser Vorgang heißt Paging. Die MS antwortet aus der aktuellen Zelle mit einer "Paging Response", die über die BSC zur MSC gelangt. Nach einer erneuten Authentication und der Vergabe einer neuen TMSI durch das VLR, wird der Verbindungsaufbau zur MS vervollständigt.

4.1.4 Handover

Wechselt eine MS während einer bestehenden Verbindung in eine andere Zelle, so übernimmt die BTS der neuen Zelle die Funkversorgung ohne Unterbrechung der Verbindung. Dieser Prozess heißt Handover.

Ein Handover besteht grundsätzlich aus vier Phasen:

- Phase 1: die BSC entscheidet, dass ein Handover notwendig ist.
- Phase 2: zur bestehenden Verbindung wird eine zweite parallel aufgebaut.
- Phase 3: die MS schaltet zur neuen Verbindung um.
- Phase 4: die ursprüngliche Verbindung wird ausgelöst.

¹⁴ Die Gateway-MSC identifiziert das HLR durch die HLR-Nummer welche Bestandteil der empfangenen MSISDN ist.

4.2 Signalisierung

GSM arbeitet verbindungsorientiert, d.h. es gibt drei Verbindungsabschnitte, die entsprechend den Eigenschaften eines zellularen Mobilfunknetzes erweitert, bzw. modifiziert sind.

- Verbindungsaufbau,
- Informationsaustausch und
- Verbindungsabbau

Wie im ISDN-Festnetz ist auch in Mobilnetzen für einen Verbindungsauf- oder abbau der Austausch entsprechender Informationen zwischen den Netzelementen des GSM-Festnetzteils so wie den Mobilstationen (MS) und den Elementen des Festnetzteils erforderlich. Für diesen Informationsaustausch, die sog. Signalisierung, werden den Verbindungsabschnitten entsprechend spezielle Signalisierungsverfahren eingesetzt.

(18) GSM verwendet für die Signalisierung im Festnetzteil das Zentralkanal-Zeichengabeverfahren ZGV7 und zur Signalisierung auf der Luftschnittstelle U_m ein dem ISDN D-Kanalprotokoll ähnliches Verfahren welches über sog. Steuerkanäle abgewickelt wird. Ausgenommen dem zur Gruppe der DCCH gehörenden FACCH der für die Abwicklung des Handover dem Traffic Channel entnommen wird, befinden sich alle anderen Steuerkanäle im Zeitschlitz Null eines TDMA-Rahmens. Je nach Aufgabe, gibt es drei Gruppen von Steuerkanälen:

- BCCH (Broadcast Channel)
- CCCH (Common Control Channel)
- DCCH (Dedicated Control Channel)

BCCH

Sind nur DOWNLINK gerichtete Steuerkanäle zur Verbreitung zellenspezifischer Informationen, zur Synchronisation auf die Hyperrahmenstruktur, Frequenzkorrektur,...

CCCH

Sind Steuerkanäle, die von allen MS genutzt werden und z.B. zur Anforderung und Bereitstellung von DCCH dienen.

DCCH

Sind Steuerkanäle, die einer MS für eine bestimmte Transaktion – z.B. Verbindungsaufbau - zugewiesen werden, solange kein Nutzkanal bereitgestellt wird.

5 Kontrollfragen

1. Nennen Sie die wesentlichen Eigenschaften eines zellularen Mobilfunksystems.
2. Beschreiben Sie das Prinzip des Frequenzmultiplex.
3. Beschreiben Sie das Prinzip des Zeitmultiplex.
4. Beschreiben Sie die prinzipielle Struktur der Funkschnittstelle.
5. Beschreiben Sie den Aufbau eines TDMA-Rahmens.
6. Zeichnen und beschreiben Sie das Blockdiagramm eines GSM-Netzes.
7. Nennen und beschreiben Sie die Schnittstellen in einem GSM-Netz.
8. Beschreiben Sie die Eigenschaften einer Mobile Station.
9. Welche Aufgaben haben die Komponenten des GSM Radio Access Networks GERAN (Base Station Subsystems)?
10. Zeichnen Sie das Blockdiagramm eines BSC und beschreiben Sie die Grundaufgaben der Funktionsblöcke.
11. Zeichnen Sie das Blockdiagramm der Transcoding Einrichtung und beschreiben Sie die Grundaufgaben der Funktionsblöcke.
12. Zeichnen Sie das Blockdiagramm eines MSC und beschreiben Sie die Grundaufgaben der Funktionsblöcke.
13. Welche Aufgaben werden durch das VLR erledigt?
14. Welche Aufgaben werden durch das HLR erledigt?
15. Welche Aufgaben werden durch das AC durchgeführt?
16. Was verstehen Sie unter „Einbuchen ins Netz“ und welche grundlegenden Aktivitäten werden dabei durchgeführt?
17. Welche speziellen Abläufe werden bei einem Mobile Terminating Call durchgeführt?
18. Welche Arten von Steuerkanälen kennen Sie und wofür werden sie eingesetzt?

6 Bilder und Tabellen

Bild 1	Beispiele zellularer Netzstrukturen	3
Bild 2	Multilayer-Netzstruktur	4
Bild 3	Ausführungsformen von Sende- und Empfangsantennen	4
Bild 4	Prinzipielle Struktur der Funkschnittstelle	6
Bild 5	GSM-Frequenzbereiche	8
Bild 6	Aufteilung der Frequenzbänder auf die österr. Netzbetreiber	8
Bild 7	Aufbau eines TDMA-Rahmens (incl. Normal Burst)	9
Bild 8	GSM-Systemarchitektur.....	10
Bild 9	Schnittstellen im GSM	10
Bild 10	Blockdiagramm eines „Mobile Equipments“	12
Bild 11	Ausführungsformen von Sende- und Empfangsantennen	14
Bild 12	Blockdiagramm des BSC.....	14
Bild 13	Blockdiagramm des TCE	15
Bild 14	Blockdiagramm einer Mobilvermittlungsstelle MSC	16
Bild 15	Prinzipielle Aufgabe des HLR bei einer kommenden Verbindung	17
Bild 16	Aufgabe des Authentication Centers	17
Bild 17	Funktionsprinzip Blockschaltbild:.....	20
Bild 18	Komponenten des GSM Radio Access Networks GERAN	20
Tabelle 1	GSM - Frequenzbereiche	7
Tabelle 2	Geräteleistungen	13
Tabelle 3	Sendeleistungen	14

7 Abkürzungen und Begriffe

Abkürzungen

AC.....	Authentication Center
ACCH.....	Associated Control Channels
AMPS.....	American (Advanced) Mobile Phone System
ARFCN	Kanalnummer, absolute radio frequency channel number,
AuC.....	Authentication Center
BACCS	Billing and Customer Care Systems
BCH	Broadcast Channel
BSC	Base Station Controller
BSS	Base Station System
BTS.....	Base Transceiver Station
CCCH	Common Control Channels
CDM.....	Code Division Multiplexing, Codemultiplex
CDMA	Code Division Multiplex Access
CEPT	Conference Européenne des Administrations des Postes et Telecommunica- tions, Europäische Konferenz für das Post- und Fernmeldewesen
DCCH	Dedicated Control Channels
DCS	Digital Communication System
DECT	Digital Enhanced Cordless Telephone
EI	Equipment Identity
EIR.....	Equipment Identity (Identification) Register
ETSI.....	European Telecommunications Institute
FDM.....	Frequency Division Multiplexing, Frequenzmultiplex
FDMA.....	Frequency Division Multiple Access
GPRS.....	General Packed Radio Services
GSM	Global System for Mobile Communication
HLR	Home Location Register
HON.....	Handover Number
HPMLN	Home Public Land Mobile Network
HSCSD	High-Speed Circuit-Switched Data
IMEI	International Mobile Equipment Identity
IMSI	International Mobile Station (Subscriber) Identity
ISDN	Integrated Services Digital Network
ISO	International Standards Organization
ITU.....	International Telecommunications Union
IVPN	International VPN
Kc	cipher key
LAC.....	Location Area Code
LAI	Location Area Identity
LEO	Low Earth Orbit
LMSI	Local Mobile Subscriber Identity
MCC.....	Mobile Country Code
MNC.....	Mobile National Code
MOC	Mobile Originating Call
MoU	Memorandum of Understanding
MS	Mobile Station
MSC.....	Mobile Services Switching Center

MSISDN.....	Mobile Station International ISDN Number
MSRN	Mobile Station Roaming Number
MTC.....	Mobile Terminating Call
OMC	Operation and Maintenance Center
OMS	Operation and Maintenance Subsystem
OSI	Open Systems Interconnection
OSS.....	Operation & Maintenance Subsystem
PCN	Personal Communications Network
PCS	Personal Communications System
PHS	Personal Hand-phone System
PIN.....	Personal Identification Number
PLMN.....	Public Land Mobile Network
PSDN.....	Public Switched Data Network
PSTN	Public Switched Telephone Network
PUK	Personal unblocking Key
RAND.....	Random Number, Zufallszahl
RFC	Radio Frequency Channel
RSS	Radio Subsystem
SDM.....	Space Division Multiplexing, Raummultiplex
SIM	Subscriber Identity Module
SRES.....	signed response
SSS	Switching Subsystem
TA	Timing Advance
TACS	Total Access Communications System
TCDMA.....	Time CDMA
TDM.....	Time Division Multiplexing, Zeitmultiplex
TDMA.....	Time Division Multiple Access
TMN.....	Telecommunication Management Network
TMSI	Temporary Mobile Station Identity
TCE	Transcoding and Rate Adaption Unit
UMTS.....	Universal Mobile Telecommunication System
UTRA.....	UMTS Terrestrial Radio Access
VAS	Value added Service
VLR.....	Visitor Location Register
VPMLN	Visited Public Land Mobile Network
VPN	Virtual Private Network
WAP	Wireless Application Protocoll
WCDMA.....	Wideband CDMA

Begriffe

Call Center

Dienstleistungseinheit, die operatorgestützte Sprachdienste, wie z.B. Hot- oder Servicelines, auf Grundlage des Sprachtelefondienstes anbieten.

Dual Mode

Handy-Technologie, die es ermöglicht, verschiedene Kommunikationssysteme in ein Gerät zu integrieren, z.B. Handy, Schnurlostelefon und Festnetz.

Multi Band

Handy-Technologie, die das Telefonieren mit einem Handy in verschiedenen Frequenzbereichen (900, 1800 und 1900 MHz) ermöglicht.

GSM (Global System for Mobile Communication)

Europäischer Mobilfunkstandard, der in den Frequenzbereichen 900, 1800 und 1900 MHz operiert und auch auf anderen Kontinenten eingesetzt wird. Weltweit der verbreitetste Mobilfunkstandard.

Handover

Leistungsmerkmal zellularer und satellitengestützter Mobilfunknetze, das ein automatisches unterbrechungsfreies Weiterreichen bestehender Verbindungen von einer Sendestation zur nächsten realisiert.

IN (Intelligent Network)

Kommunikationsnetz, das eine Trennung von Verbindungssteuerung und Dienstunterstützung vorsieht.

Makrozelle

Mobilfunkstation mit einem Versorgungsbereich von einigen Kilometern.

Mikrozelle

Mobilfunkstation mit einem Versorgungsbereich von einigen 100 Metern. Wird vor allem in Städten und zur Versorgung von Gebäuden eingesetzt.

Roaming

Bezeichnung für die Erreichbarkeit in fremden GSM-Mobilfunknetzen unter der gleichen Rufnummer.

SIM (Subscriber Identity Module)

Miniaturisierte Chipkarte für Mobiltelefonanschlüsse. Dient zur Identifikation des Teilnehmers.

SMS (Short Message Service)

Kurznachrichtendienst, der in der mobilen Kommunikation zur Übertragung kurzer alphanumerischer Daten dient.

UMTS (Universal Mobile Telecommunication System)

Neuer, weltweit einheitlicher Mobilfunkstandard, der die verschiedenen kontinentalen Mobilfunkstandards integriert. Wesentlichste Leistungsmerkmale sind größere Kapazitäten und größere Datenmengen, die auch den Einsatz von mobilen Multimediageräten ermöglichen.

Dual Band

Handy-Technologie, die das Telefonieren mit einem Handy in zwei Frequenz-bereichen (900 und 1800 MHz) ermöglicht

EFR (Enhanced Full Rate)

neue Technik der Sprachcodierung, ermöglicht GSM-Telefonieren in Festnetzqualität

8 Literatur

- [1] Ulrich Freyer, Nachrichtenübertragungstechnik, 3. Auflage, Carl Hanser Verlag, 1994, ISBN 3-446-17724-8
- [2] Taschenbuch der Telekommunikation 1999, Fachbuchverlag Leipzig
- [3] Bernhard Walke, Mobilfunknetze und ihre Protokolle, Band 1, Teubner Verlag, 1998, ISBN 3-519-06430-8
- [4] Siegmund Redl, GSM Technik und Messpraxis; Netzeigenschaften, 2. Auflage, Franzis Verlag, 1995, ISBN 3-7723-4852-1
- [5] Bernhard Walke, Marc Peter Althoff, Peter Seidenberg, UMTS – Ein Kurs, 2. Auflage, J. Schlembach Fachverlag, 2002, ISBN 3-935340-22-2