

GSM Global System for Mobile Communication

**Vermittlung, Dienste und Protokolle
in digitalen Mobilfunknetzen**

Von Prof. Dr.-Ing. Jörg Eberspächer
Technische Universität München

Dipl.-Ing. Hans-Jörg Vögel
The Fantastic Corporation

Dipl.-Ing. Christian Bettstetter
Technische Universität München

3., aktualisierte und erweiterte Auflage
Mit 197 Bildern und Tabellen



B. G. Teubner Stuttgart · Leipzig · Wiesbaden

Inhalt

1 Einführung	1
1.1 Digital, mobil, global: Die Evolution der Netze	1
1.2 Klassifikation von Mobilkommunikationssystemen	3
1.3 Zur Geschichte von GSM	6
2 Mobilfunkkanal und Zellularprinzip	11
2.1 Charakteristika des Mobilfunkkanals	11
2.2 Richtungstrennung und Duplexübertragung	15
2.3 Vielfachzugriffsverfahren	17
2.3.1 Frequenzvielfachzugriff FDMA	18
2.3.2 Zeitvielfachzugriff TDMA	19
2.3.3 Codevielfachzugriff CDMA	22
2.3.4 Raumvielfachzugriff SDMA	24
2.4 Zellulartechnik	28
2.4.1 Grundbegriffe	28
2.4.2 Signal-Störabstand	30
2.4.3 Clusterbildung	31
2.4.4 Verkehrsleistung und Verkehrsdimensionierung	33
3 Adressierung und Systemarchitektur	37
3.1 Übersicht	37
3.2 Adressen und Kennziffern	38
3.2.1 International Mobile Station Equipment Identity (IMEI)	40
3.2.2 International Mobile Subscriber Identity (IMSI)	40
3.2.3 Mobile Subscriber ISDN Number (MSISDN)	41
3.2.4 Mobile Station Roaming Number (MSRN)	42
3.2.5 Location Area Identity (LAI)	43
3.2.6 Temporary Mobile Subscriber Identity (TMSI)	44
3.2.7 Local Mobile Subscriber Identity (LMSI)	44
3.2.8 Cell Identifier (CI)	44

3.2.9	Base Transceiver Station Identity Code (BSIC)	45
3.2.10	Identifizierung von MSC und Location Register	45
3.3	Systemarchitektur	45
3.3.1	Mobilstation	46
3.3.2	Funknetz – BSS	47
3.3.3	Mobilvermittlungsnetz – SMSS	48
3.3.3.1	Mobilvermittlungszentrum – MSC	48
3.3.3.2	Heimat- und Besucherregister – HLR und VLR	49
3.3.4	Betrieb und Wartung – OMSS	50
3.3.4.1	Netzüberwachung und Wartung	50
3.3.4.2	Benutzerauthentifizierung und Gerätereistratur	51
3.4	Teilnehmerdaten im GSM	51
3.5	PLMN-Konfigurationen und Schnittstellen	54
4	Dienste	61
4.1	Trägerdienste (Bearer Services)	62
4.2	Telematikdienste (Teleservices)	65
4.2.1	Sprache	66
4.2.2	Faxübertragung	66
4.2.3	Kurznachrichtendienst: Short Message Service SMS	67
4.3	Zusatzdienste (Supplementary Services)	69
4.3.1	GSM-Zusatzdienste in der Phase 1	69
4.3.2	GSM-Zusatzdienste in der Phase 2	70
4.4	GSM-Dienste in der Phase 2+	71
5	Funkschnittstelle – Physical Layer	73
5.1	Logische Kanäle	73
5.1.1	Klassifizierung logischer Kanäle in GSM	74
5.1.1.1	Verkehrskanäle	74
5.1.1.2	Signalisierungskanäle	75
5.1.1.3	Beispiel zum Verbindungsaufbau in GSM	77
5.1.1.4	Datenraten, Blocklängen und Blockabstände der logischen Kanäle	78
5.1.2	Kombinationen logischer Kanäle	79
5.2	Physikalische Kanäle	81
5.2.1	Modulation	81
5.2.2	Vielfachzugriff, Duplexing und Übertragungsbursts	84
5.2.3	Optionales Frequenzsprungverfahren	88
5.2.4	Zusammenfassung	89
5.3	Synchronisierung	91
5.3.1	Frequenz- und Taktsynchronisierung von Mobilstationen .	91

5.3.2	Adaptive Rahmensynchronisierung	96
5.4	Abbildung von logischen Kanälen auf physikalische Kanäle	98
5.4.1	26-Rahmen Multiframe	99
5.4.2	51-Rahmen Multiframe	100
5.5	Radio Subsystem Link Control	103
5.5.1	Kanalmessung	104
5.5.1.1	Kanalmessung im Ruhezustand	107
5.5.1.2	Kanalmessung während einer Verbindung	108
5.5.2	Sendeleistungsregelung	111
5.5.3	Verbindungsabbruch wegen Ausfall der Funkverbindung .	114
5.5.4	Zellauswahl und Stromsparbetrieb	116
5.5.4.1	Cell Selection und Cell Reselection	116
5.5.4.2	Discontinuous Reception (DRX)	118
5.6	Einschaltsszenario	118
6	Codierung, Authentifizierung und Chiffrierung	121
6.1	Quellencodierung und Sprachbearbeitung	121
6.2	Kanalcodierung	127
6.2.1	Übersicht	127
6.2.2	Äußerer Fehlerschutz: Blockcodierung	130
6.2.2.1	Blockcodierung für Sprach-Verkehrskanäle	131
6.2.2.2	Blockcodierung für Daten-Verkehrskanäle	133
6.2.2.3	Blockcodierung für Signalisierungskanäle	133
6.2.3	Innerer Fehlerschutz: Faltungscodierung	135
6.2.4	Interleaving	139
6.2.5	Abbildung auf die Burst-Ebene	146
6.3	Sicherheitsrelevante Netzfunktionen und Chiffrierung	148
6.3.1	Schutz der Teilnehmeridentität	148
6.3.2	Verifizierung der Teilnehmeridentität	149
6.3.3	Generierung von Sicherheitsdaten	150
6.3.4	Verschlüsselung von Signalisierungs- und Nutzdaten	153
7	Protokollarchitekturen	157
7.1	Ebenen der Protokollarchitektur	157
7.2	Protokollarchitektur der Nutzdatenebene	159
7.2.1	Sprachübertragung	160
7.2.2	Transparente Datenübertragung	164
7.2.3	Nicht-transparente Datenübertragung	165
7.3	Protokollarchitektur der Signalisierungsebene	169
7.3.1	Übersicht Signalisierungsarchitektur	169

7.3.2	Nutzdatentransport in der Signalisierungsebene	179
7.4	Signalisierung der Luftschnittstelle Um	181
7.4.1	Schicht 1 der Schnittstelle MS-BTS	181
7.4.1.1	Dienste der Schicht 1	182
7.4.1.2	Prozeduren und Peer-to-Peer-Signalisierung	183
7.4.2	Schicht 2 Signalisierung	185
7.4.3	Radio Resource Management	190
7.4.4	Mobility Management	196
7.4.4.1	Common MM Procedures	197
7.4.4.2	Specific MM Procedures	199
7.4.4.3	MM Connection Management	201
7.4.5	Connection Management	202
7.4.6	Strukturierte Signalisierungsprozeduren	208
7.4.7	Signalisierungsprozeduren für Zusatzdienste	211
7.4.8	Realisierung der Kurznachrichtendienste	215
7.5	Signalisierung der Schnittstellen A und Abis	216
7.6	Signalisierung der Benutzer-Schnittstelle	223
8	Roaming und Vermittlung	229
8.1	MAP-Schnittstellen	229
8.2	Location Registration und Location Update	230
8.3	Verbindungsaufbau und Verbindungsabbau	235
8.3.1	Routing: Wegesuche für Rufe zu Mobilteilnehmern	235
8.3.1.1	Einfluß der MSRN-Vergabe auf den Wegesuchablauf	236
8.3.1.2	Plazierung der Protokollinstanzen zur HLR-Abfrage	237
8.3.2	Verbindungsaufbau und korrespondierende MAP-Prozeduren	240
8.3.3	Verbindungsabbau	244
8.3.4	MAP-Prozeduren und Routing für Kurznachrichten	245
8.4	Handover	247
8.4.1	Übersicht	247
8.4.2	GSM Intra-MSC-Handover	249
8.4.3	Entscheidungsalgorithmus für den Handoverzeitpunkt ..	250
8.4.4	MAP und Inter-MSC-Handover	258
8.4.4.1	Basic Handover zwischen zwei MSC	258
8.4.4.2	Subsequent Handover,	259
9	Datenkommunikation und Interworking	263
9.1	Referenzkonfiguration	263
9.2	Übersicht der Datenkommunikation	264
9.3	Dienstauswahl beim Netzübergang	268

9.4	Bitratenadaption	269
9.5	Asynchrone Datendienste	272
9.5.1	Transparente Übertragung im Mobilnetz	272
9.5.2	Nicht-transparente Datenübertragung	277
9.5.3	PAD-Zugänge zu öffentlichen Paketdatennetzen	280
9.5.3.1	Asynchrone Verbindung zum PSPDN-PAD	280
9.5.3.2	Dedizierter PAD-Zugang im GSM	281
9.6	Synchrone Datendienste	282
9.6.1	Übersicht	282
9.6.2	Synchrone Paketdatennetz-Zugänge nach X.25	283
9.6.2.1	Basic Packet Mode	284
9.6.2.2	Dedicated Packet Mode	284
9.7	Telematikdienste: Fax	285
10	Aspekte des Netzbetriebs	289
10.1	Ziele des GSM-Netzmanagements	289
10.2	Telecommunication Management Network TMN	292
10.3	TMN-Realisierung in GSM-Netzen	295
11	Der Paketdatendienst GPRS	301
11.1	Systemarchitektur	303
11.2	Dienste	305
11.2.1	Trägerdienste und Zusatzdienste	305
11.2.2	Dienstgüte	307
11.2.3	Simultane Benutzung von paket- und durchschaltvermittelten Diensten	309
11.3	Session Management, Mobility Management und Verkehrslenkung	309
11.3.1	Ein- und Ausbuchen	309
11.3.2	Session Management und PDP Kontext	310
11.3.3	Verkehrslenkung (Routing)	311
11.3.4	Location Management	312
11.4	Protokollarchitektur	316
11.4.1	Nutzdatenebene (Transmission Plane)	316
11.4.1.1	GPRS Backbone: SGSN – GGSN	317
11.4.1.2	Luftschnittstelle	317
11.4.1.3	Schnittstelle BSS – SGSN	319
11.4.2	Routing und Konvertierung der Adressen	320
11.4.3	Signalisierung (Signalling Plane)	321
11.5	Luftschnittstelle	323
11.5.1	Vielfachzugriff und Radio Resource Management	323
11.5.2	Logische Kanäle	324

11.5.3	Abbildung der logischen Paketdatenkanäle auf physikalische Kanäle	328
11.5.4	Kanalcodierung	330
11.6	Interworking mit IP-Netzen	332
11.7	Zusammenfassung	333
12	GSM – Die Story geht weiter	337
12.1	Globalisierung	337
12.2	GSM-Dienste in der Phase 2+	338
12.2.1	Telekommunikationsdienste	340
12.2.1.1	Sprachdienste: Verbesserte Codecs und Gruppenkommunikation	340
12.2.1.2	Neue Datendienste und höhere Datenraten: HSCSD, GPRS und EDGE	344
12.2.2	Zusatzdienste (Supplementary Services)	346
12.2.2.1	Zusatzdienste für Sprache	346
12.2.2.2	Location Service (LCS)	347
12.3	Dienstplattformen	348
12.3.1	CAMEL – GSM und Intelligente Netze	349
12.3.2	Terminalseitige Dienstplattformen	351
12.3.2.1	SIM Application Toolkit (SAT)	351
12.3.2.2	Mobile Station Application Execution Environment (MExE)	352
12.4	Wireless Application Protocol (WAP)	353
12.4.1	Wireless Markup Language (WML)	354
12.4.2	Protokollarchitektur	355
12.4.3	Systemarchitektur	358
12.4.4	Dienste und Anwendungen	359
12.5	Erweiterte Sprachdienste (ASCI)	360
12.5.1	Voice Broadcast Service (VBS)	361
12.5.1.1	Systemkonzept und Group Call Register	362
12.5.1.2	Verbindungsaufbau und logische Kanäle	363
12.5.2	Voice Group Call Service (VGCS)	364
12.5.3	Enhanced Multi-Level Precedence and Preemption (eMLPP)	365
12.6	GSM – Wegbereiter für UMTS	366
	Literatur	373
	Anhang A: GSM-Standards	379

Anhang B: GSM- und GPRS-Adressen	391
Anhang C: Akronyme	393
Index	403

Hinweis: Eine Errata-Liste zu diesem Buch finden Sie im Internet unter
http://www.lkn.ei.tum.de/gsm_buch/.