

Datenübertragung in Mobilnetzen

HSCSD, GPRS, EDGE, HSDPA

KURZFASSUNG

35 Seiten

INHALT

1	Übersicht.....	3
2	HSCSD – High Speed Circuit Switched Data	4
2.1	Kanalkodierung	4
2.2	Kanalbündelung	5
2.3	Datendienste	5
3	GPRS – General Packet Radio Service	7
3.1	Dienste und Benutzerklassen	7
3.1.1	Dienstkategorien.....	7
3.1.2	Dienstgüteprofile - QoS	8
3.1.3	Endgeräteklassen	11
3.2	Systemarchitektur	12
3.2.1	Mobilstation	13
3.2.2	GSM Extended Radio Access Network – GERAN.....	13
3.2.3	GPRS Core Network.....	15
3.3	Wegewahl und Mobilitätsverwaltung.....	17
3.4	Protokollarchitektur	19
3.5	RLC/MAC-Protokoll.....	21
4	EDGE - Enhanced Datarate for Global Evolution	23
4.1	Modulationsverfahren	23
4.2	Modulations- und Kodierungsschemata.....	25
4.3	Burst-Struktur.....	25
5	HSDPA - High Speed Downlink Packet Access.....	27
5.1	HSDPA und UMTS Release 5 bzw. Release 99	27
5.2	Funktionsmerkmale.....	28
5.3	Funkkanäle	29
6	Kontrollfragen	32
7	Bilder und Tabellen.....	33
8	Abkürzungen	34
9	Literatur	35

1 Übersicht

GSM – der europäische Standard der 2. Mobilfunkgeneration – besteht aus einem „Festnetzteil“ der über Wege mit einer Bitrate von 64kbit/s verfügt und einem Mobilteil, das sog. Handy. Handy und Festnetzteil werden über die Luftschnittstellen miteinander verbunden, die aus Gründen der Frequenzökonomie nicht mit 64kbit/s sondern nur mit 22,8kbit/s arbeitet.. Da eine Funkübertragung sehr stör anfällig ist werden zu übertragenden Daten mit einer speziellen Kanalkodierung bearbeitet die nicht nur eine Fehlererkennung sondern in der Regel auch eine Fehlerkorrektur ermöglicht. Sprache wird daher nur mit 13kbit/s (12,2kbit/s bei EFR) übertragen, Daten nur mit 9,8kbit/s (bzw. 10,6kbit/s bei EFR). Die Differenz wird zur Datensicherung verwendet. Die unterschiedlichen Bitraten der beiden Dienste beruhen darauf, dass Sprachdaten - da das menschliche Gehör geringe Fehler durch seine Trägheit nicht registrieren kann - wesentlich unempfindlicher gegenüber Störungen sind als EDV-Daten.

Die Einführung neuer Dienste welche sowohl die Popularität des GSM als auch das Einkommen der Netzbetreiber erhöhen sollten, scheiterte an der geringen Bitrate der GSM-Luftschnittstelle.

Eine nahe liegende Idee zu Steigerung der Datenübertragungsgeschwindigkeit war die Parallelschaltung mehrerer Kanäle. Bei diesem Verfahren, HSCSD – High Speed Circuit Switched Data, wird die höhere Übertragungskapazität nur einer Verbindung zugeordnet.

Eine Optimierung dieser knappen Ressourcen bietet ein Paket vermittelndes Verfahren, nämlich HSPSD – High Speed Packet Switched Data welches unter der Bezeichnung GPRS – General Packet Radio Service – bekannt wurde. Bei dieser Technik bleibt die Anzahl der verfügbaren Paketübertragungskanäle konstant, während die Anzahl der User variieren kann – je mehr User desto geringer wird die anteilige Datenübertragungsmenge pro Zeiteinheit.

Mit EDGE kann dieser Nachteil nicht nur verringert sondern die Übertragungsgeschwindigkeit weiter erhöht werden, da bei EDGE zur Modulation ein 8-PSK-Verfahren verwendet wird statt wie bei GSM und GPRS das GMSK-Verfahren.

Durch die Einführung von UMTS mit Bitraten von bis zu 2Mbit/s war man anfangs der Meinung ausreichende Übertragungskapazität zur Verfügung zu haben. Diese Geschwindigkeit kann jedoch nur in bestimmten Fällen genützt werden, so dass auch hier nach einem schnelleren Verfahren gesucht wurde. Es wird HSDPA – High Speed Downlink Packet Access – genannt und erhöht die Downlink-Bitrate auf über 2Mbit/s. HSDPA verwendet dafür ein 16-PSK-Verfahren und ein zusätzliche MAC-Protokoll im Zellenbereich, welches jedoch nur gemeinsam mit UMTS Release 5 eingesetzt werden kann.

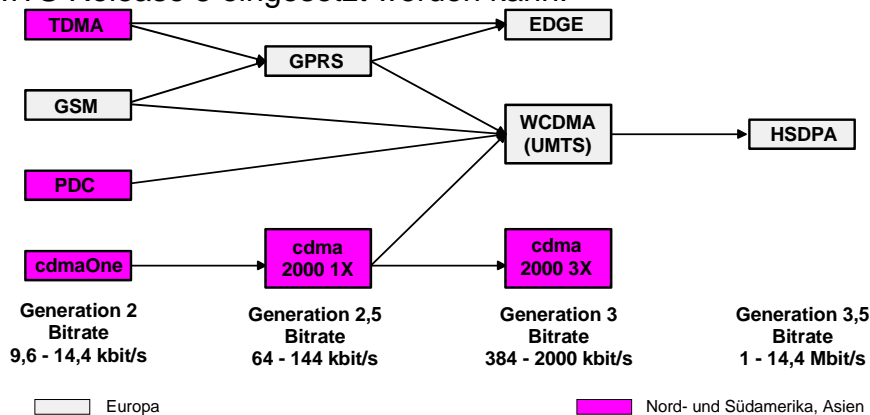


Bild 1 Entwicklung der mobilen Datenübertragungstechnik

Schlüsselwörter

Leitungsvermittlung, Paketvermittlung, Kanalkodierverfahren, Gaußsches Minimum Shift Keying, 8-PSK-Verfahren, 16QAM-Verfahren, MAC-hs-Protokoll, UMTS Release 5

2 HSCSD – High Speed Circuit Switched Data

(1) Herkömmliche GSM-Datendienste sind sog. CSD-Dienste (Circuit Switched Data), d.h. sie arbeiten leitungsorientiert und mit 9,6kbit/s Datenübertragungsgeschwindigkeit nicht all zu schnell. Um die Infrastruktur eines leitungsorientierten Netzes auch für schnellere Dienste nutzbar zu machen, wurde ein Standard entwickelt, der sehr einfach in ein GSM-Netz integriert werden kann, das Datenformat High Speed Circuit Switched Data.

Bei HSCSD, welches in Österreich nur von One¹ angeboten wird, kommt eine leitungsorientierte Übertragungstechnik zum Einsatz, die durch neue Kodierungsverfahren und der Bündelung mehrerer Funkkanäle Daten schneller übertragen kann.

Je nach Störanfälligkeit des verfügbaren Mobilfunknetzes benötigt auch HSCSD unterschiedliche Kodierungsvarianten. Unter schlechten Übertragungsbedingungen werden Daten mit 9,6kbit/s, unter normalen Bedingungen mit 14,4kbit/s pro Funkkanal übertragen. Daraus ergibt sich ein Geschwindigkeitszuwachs von 50% gegenüber einer GSM-Verbindung und unter normalen Bedingungen erreicht HSCSD damit die gleiche Übertragungsrate wie GPRS.

2.1 Kanalkodierung

Modifiziertes Kanalkodierungsverfahren

Ein konventioneller GSM-Funkkanal hat eine Übertragungskapazität von 22,8kbit/s. Da ein Funkübertragungskanal aber eine sehr schlechte, also fehleranfällige, Übertragungsstrecke ist, werden Kanalkodierungsverfahren verwendet, die den Nutzdaten Zusatzinformationen hinzufügen und die einzelnen Bits so verschachteln, dass kleinere Funkübertragungsfehler vom Empfänger wieder korrigiert werden können. Bei GSM liegt die maximale EDV-Datenrate bei 9,6kbit/s, die restlichen 13,3kbit/s (Differenz auf 22,8kbit/s) wurde für Datenanpassung und Fehlerschutzmechanismen verwendet.

Da in kleineren Zellen, bei denen der Mobilteilnehmer von der Basisstation keine allzu große Entfernung hat, auch die Fehleranfälligkeit gegenüber Störungen kleiner wird können die Fehlerschutzmechanismen ebenfalls reduziert werden. Hier setzt HSCSD (High Speed Circuit Switched Data) mit einem neuen Kanalkodierungsverfahren welches eine Nettonutzdatenrate von 14,4kbit/s erlaubt an. Für die Kanalkodierung stehen daher nur 8,4kbit/s zur Verfügung.

Zahl der Zeitschlitz	1	2	3	4	5
GSM Kanalkodierung	9,6kbit/s	19,2kbit/s	28,8kbit/s	38,4kbit/s	48kbit/s
HSCSD Kanalkodierung	14,4kbit/s	28,8kbit/s	43,2kbit/s	57,6kbit/s	72kbit/s

Tabelle 1 Vergleich der Kanalkodierungsverfahren

¹ One bietet in Österreich derzeit eine Bündelung von höchstens zwei Kanälen in beiden Richtungen, Uplink und Downlink, an womit Daten mit bis 28,8kbit/s übertragen werden können

2.2 Kanalbündelung

(2) Bei GSM werden Funkkanäle durch Zeitschlitzte auf einer Trägerfrequenz realisiert. Jeder Frequenzträger enthält 8 Zeitschlitzte, die bei HSCSD eine Nutz-Kapazität von 14,4kbit/s besitzen. Bei HSCSD können einem Teilnehmer durch Kanalbündelung mehrere Zeitschlitzte zugewiesen werden um die Übertragungskapazität zu erhöhen. Werden mit dem neuen Kanalkodierungsschema zB. zwei Kanäle gebündelt, so erreicht man eine Datenrate von 28,8kbit/s. In störungsanfälligen Übertragungsgebieten wird das Kanalkodierungsverfahren auf die alte Methode zurückgeschaltet und je Zeitschlitz nur 9,6kbit/s statt 14,4kbit/s übertragen.

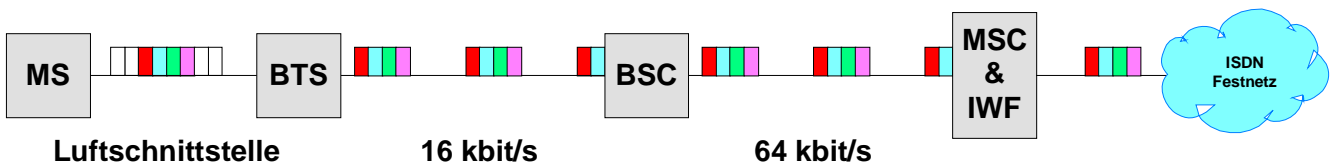


Bild 2 HSCSD: Prinzip der Kanalbündelung

Zeitschlitzte	1	2	3	4
StS 1	9,6kbit/s	19,2kbit/s	28,8kbit/s	48kbit/s
StS 2	14,4kbit/s	28,8kbit/s	43,2kbit/s	57,6kbit/s

StS = Störsicherheitsstufe

Tabelle 2 HSCSD Datengeschwindigkeiten

2.3 Datendienste

Asymmetrische und symmetrische Dienste

Der HSCSD-Standard ermöglicht die Durchführung asymmetrischer Datendienste, bei denen die Downlinkstrecke (GSM-Netz zum Handy) eine andere, meist höhere, Datenrate zugewiesen bekommt als die Uplinkstrecke (Handy zum GSM-Netz). Das ist z.B. Bei Internetzugriffen sinnvoll, da in den meisten Fällen bei weitem mehr Daten aus dem Internet geholt werden als umgekehrt in das Internet Daten geschickt werden. Mit Handys ohne simultaner Sende- und Empfangseinheit lassen sich bereits 3 Downlink-Kanäle und 1 Uplink-Kanal bündeln – man spricht von einer Kanalzuteilung 1+3. Handys mit simultaner Sende-/Empfangseinheit schaffen sogar 2+5 Verteilungen, in Zukunft wird es sogar 3+5 Verteilungen geben.

Bei symmetrischen Diensten, also gleiche Anzahl von Sende- und Empfangskanälen, gibt es 2+2 Verteilungen. Symmetrische Dienste werden bei Telephonie bzw. Bildtelephonie verwendet, da hier im Normalfall die gleiche Datenmenge auf der Uplink- und der Downlinkstrecke anfällt.

Transparente und nichttransparente Dienste

Beim Transport von Daten können unterschiedliche Dienstklassen angeboten werden, die der jeweiligen Übertragungscharakteristik angepasst sind wie z.B.:

- kontinuierlicher Datenstrom
- konstante Zeitverzögerung
- unterschiedliche Datenraten - einmal schneller, einmal langsamer

Transparente Dienste erfordern einen konstanten Bitstrom der zwar Echtzeitbetrieb, aber keine effektiven Fehlerkorrekturmechanismen ermöglicht. Der transparente Modus wird bei HSCSD z.B. für die Bildtelefonie verwendet, da für den Menschen nur eine kontinuierliche Bildsequenz wichtig ist, nicht aber einzelne Bildpunktfehler, die durch Übertragungsfehler entstanden sind. Das Auge hat eine gewisse Trägheit, sodass solche Bildpunktfehler nicht wahrgenommen werden. Das Ohr besitzt nicht nur eine begrenzte Informationsaufnahmefähigkeit sondern auch eine Unempfindlichkeit gegenüber kurzfristigen Störungen (wenige ms), wobei es sehr wohl registriert, ob der Gesprächspartner einmal schneller bzw. langsamer redet.

Bei nichttransparenten Diensten wie z.B.: Internet-Kommunikation oder SMS-Download, kommen durch das Übertragungsnetzwerk zusätzliche Fehlerschutzverfahren zum Einsatz wodurch die Daten sicher bis zum Endempfänger befördert werden. Allerdings kommt es hier zu variablen Datenraten und Verzögerungen.

3 GPRS – General Packet Radio Service

(3) GPRS ist eine Technik, welche zwischen den Mobilsystemen der zweiten Generation wie z.B. GSM und jenen der dritten wie UMTS einzuordnen ist. Sie nutzt die Infrastruktur bereits existierender GSM Netzwerke, so dass keine neuen Basisstationen oder Frequenzen benötigt werden. GPRS baut auf der vorhandenen GSM-Technik auf, nutzt aber zur Datenübertragung das Internet Protocol (IP), welches die Daten in Paketform überträgt. Die Datenpakete verschiedener Nutzer können dabei gemeinsam über gebündelte Funkkanäle übertragen werden wodurch die Kapazität des Netzes effektiv genutzt werden kann.

Bei einem höchstmöglichen Datendurchsatz von 21,4 kbit/s pro Kanal ergibt sich bei Bündelung von acht GSM-Kanäle eine maximale Datenübertragungsrate von 171,2 kbit/s. Diese Übertragungsrate ist nur theoretisch erreichbar, praktisch können etwa 28 kbit/s bzw. 40 bis 50 kbit/s übertragen werden. Durch die Steuerbarkeit der Übertragungsqualität (QoS) ist es möglich Garantien bzgl. Übertragungsraten zu kaufen.

3.1 Dienste und Benutzerklassen

3.1.1 Dienstkategorien

(4) Es sind zwei Dienstkategorien vorgesehen:

- **Punkt-zu-Punkt (Point-to-Point, PTP):** Mit Hilfe dieser Dienstkategorie können Datenpakete zwischen zwei Benutzern übertragen werden. Der PTP-Dienst wird in zwei Varianten angeboten:
 - verbindungsorientierter Modus (Connection Oriented Network Service, PTP-CONS)
 - verbindungsloser Modus (Connectionless Network Service, PTP-CLNS).

Die auf den PTP-Dienst aufsetzenden Anwendungen kann man bzgl. ihrer Kommunikationseigenschaften in folgende Gruppen aufteilen:

- Kein Dialogverkehr: Eine Abhängigkeit zwischen den einzelnen Datenpaketen besteht nicht.
 - Dialogverkehr: Es besteht eine logische Beziehung zwischen den dienstbenutzenden Teilnehmern für eine bestimmte Zeitdauer, die sich von einigen Sekunden bis über mehrere Stunden erstrecken kann.
- **Punkt-zu-Mehrpunkt (Point-to-Multipoint, PTM):** Diese Dienstkategorie erlaubt die Übertragung von Datenpaketen zwischen einem Dienstenutzer und einer von ihm spezifizierten Gruppe innerhalb einer bestimmten geographischen Region. Der PTM-Dienst ist unterteilt in
 - Multicast (PTM-M): Die Multicast-Mehrpunktcommunication fasst Rufe zusammen, die im gesamten vom Rufinitiator definierten Gebiet ausgestrahlt werden, wobei entweder alle Teilnehmer oder nur eine Gruppe adressiert sind.
 - Gruppenruf (PTM-G): Die Nachrichten sind ausschließlich an eine spezifische Gruppe adressiert und werden nur in Gebieten ausgesendet, in denen sich Gruppenmitglieder aufhalten.

Diensttyp Nachrichtenfluss	Punkt-zu-Punkt		Punkt-zu-Mehrpunkt	
	PTP-CONS	PTP-CLNS	PTP-M	PTM-G
Festnetz – MS	X	X	X	X
MS – MS	X	X	X	X
MS - Festnetz	X	X	---	X

Tabelle 3 GPRS: Beziehung zwischen Diensttyp und Dienstbenützer

Obige Tabelle zeigt, dass die Dienste mit Ausnahme des Multicast-Dienstes sowohl über das Mobilnetz (Mobile Originated) als auch über das Festnetz (Mobile Terminated) initiiert werden können.

Während einer GPRS-Sitzung können kanalvermittelte Dienste (Sprache, Daten) initiiert und genutzt werden. Ebenso ist z.B. vorgesehen, während eines Telefongesprächs, GPRS-Daten senden/empfangen zu können. Die gleichzeitige Benutzung dieser Dienste ist sowohl für PTP- als auch für PTM-Dienste vorgesehen, bedingt aber je nach Lastaufkommen und Dienstgüte schwankende Transferraten.

Zusätzlich ist es möglich, den Short-Message-Service (SMS) in beiden Übertragungsrichtungen zu nutzen. Die SMS-Nachricht wird jedoch je nach Lastsituation verzögert oder mit einer niedrigeren Datenrate übertragen. Eine SMS-Zellenrundfunknachricht darf zwar gleichzeitig mit GPRS-Diensten, jedoch nicht mit einer kanalvermittelten Verbindung genutzt werden.

3.1.2 Dienstgüteprofile - QoS

Mit jedem PDP-Context eines GPRS-Datendienstes sind QoS-Profile (Quality of Service = Dienstgüte) verbunden welche die Übertragungseigenschaften des Datendienstes definieren. Für GPRS sind fünf QoS-Profile mit verschiedenen Charakteristiken definiert:

- Verzögerungsklasse - Delay Class
- Dringlichkeitsklasse - Precedence Class
- Verlässlichkeitsklasse - Reliability Class
- Spitzendurchsatzklasse - Peak Throughput Class
- Durchschnittsdurchsatzklasse - Mean Throughput Class

Verzögerungsklasse

Für die Verzögerung von GPRS-Paketen sind 4 Klassen vorgesehen, welche die Übertragungszeitdauer zwischen den GPRS-Zugangspunkten definieren. Verzögerungen externer Datennetze werden dabei nicht berücksichtigt:

Verzögerungs- klassen	Maximale Verzögerungszeiten			
	128Byte-Paket		1024Byte-Paket	
	mittlere Verzögerung	95% - Verzögerung	mittlere Verzögerung	95% - Verzögerung
1	0,5s	1,5s	2s	7s
2	5s	25s	15s	75s
3	50s	250s	75s	375s
4	unbestimmt	unbestimmt	unbestimmt	unbestimmt

Tabelle 4 GPRS Verzögerungsklassen

Dringlichkeitsklasse

Die Dringlichkeit definiert die relative Wichtigkeit, mit der auch bei besonders kritischen Situationen und Bedingungen die Übertragungsparameter eingehalten werden müssen. Dazu wird die Dringlichkeit in 3 Klassen eingeteilt:

Dringlichkeitsklasse	Bezeichnung	Vorgangsweise
1	hohe Priorität	bevorzugt vor Klasse 2 und 3
2	normale Priorität	bevorzugt vor Klasse 3
3	niedrige Priorität	nicht bevorzugt

Tabelle 5 GPRS Dringlichkeitsklassen

Zwischen dem GPRS-Endgerät und der PCU wird die geforderte Dringlichkeitsklasse auf die Funkschnittstelle entsprechend der Priorität des Transport Block Flows (TBF) angepasst.

Verlässlichkeitsklasse

Hier geht es darum, dass die Restfehlerwahrscheinlichkeit eines Datendienstes gewissen Dienstkriterien entspricht. Es sind folgende Verlässlichkeitsklassen definiert:

- Wahrscheinlichkeit für Datenverlust
- Wahrscheinlichkeit für fehlerhafte Daten
- Wahrscheinlichkeit für mehrfache Übertragung von Datenpaketen
- Wahrscheinlichkeit für Paketübertragung außerhalb der Paketreihenfolge

Je nach Verlässlichkeitsklasse werden die einzelnen Netzprotokolle parametrisiert. Durch Kombination verschiedener Betriebsarten mit unterschiedlichen GPRS-Netzprotokollen, wie dem GTP (GPRS Tunneling Protocol) und dem LLC (Logical Link Control, RLC (Radio Link Control), können verschiedene Anwendungen eingestellt werden:

Verlässlichkeitsklasse	Übertragungsmodus				Verkehrstypus
	GTP	LLC-Rahmen	LLC-Daten	RLC-Block	
1	bestätigt-ACK	bestätigt-ACK	geschützt-PR	bestätigt-ACK	Nicht-Echtzeit fehlerempfindlich verlustempfindlich
2	unbestätigt-UACK	bestätigt-ACK	geschützt-PR	bestätigt-ACK	Nicht-Echtzeit fehlerempfindlich wenig verlustempf.
3	unbestätigt-UACK	unbestätigt-UACK	ungeschützt-UPR	bestätigt-ACK	Nicht-Echtzeit fehlerempfindlich nicht verlustempf.
4	unbestätigt-UACK	unbestätigt-UACK	ungeschützt-UPR	unbestätigt-UACK	Echtzeit fehlerempfindlich nicht verlustempf.
5	unbestätigt-UACK	unbestätigt-UACK	ungeschützt-UPR	unbestätigt-UACK	Echtzeit nicht fehlerempf. nicht verlustempf.

Tabelle 6 GPRS Verlässlichkeitsklassen

Spitzendurchsatzklasse

Sie definiert die maximale Datenrate, die für einen bestimmten PDP-Context zu erwarten sind, ohne dabei zu garantieren, dass diese Datenrate auch tatsächlich erreicht wird. Abhängig ist die maximale Datenrate von den Netzbetriebsmitteln und vom GPRS-Handy, für das verschiedene Multislotklassen definiert sind. Die tatsächliche Datenrate kann vom GPRS-Netzbetreiber durch die so ausgehandelte Spitzendurchsatzrate eingegrenzt werden - unabhängig davon wie groß die Übertragungskapazität tatsächlich ist. Dazu sind 9 Klassen definiert:

Spitzendurchsatzklasse	Spitzendurchsatz in Byte/s	Spitzendurchsatz in kbit/s
1	< 1000	8
2	< 2000	16
3	< 4000	32
4	< 8000	64
5	< 16000	128
6	< 32000	256
7	< 64000	512
8	< 128000	1024
9	< 256000	2048

Tabelle 7 GPRS Spitzendurchsatzklasse

Gemessen wird die Spitzendurchsatzrate an der Gi-Schnittstelle (vor GGSN) und an der R-Schnittstelle (im GPRS-Handy).

Durchschnittsdurchsatzklasse

Hier gilt das Gleiche wie bei den Spitzendurchsatzraten, nur dass es sich hier um zeitlich gemittelte, also Durchschnittsraten, handelt. Hier gibt es insgesamt 19 Klassen, von denen die Klasse 1 die Best-Effort-Klasse ist, die angibt, dass einem GPRS-Handy dann ein Datendurchsatz zur Verfügung gestellt wird, wenn Betriebsmittel verfügbar sind. Die Klassen mit den niederen Bitraten (z.B. Klasse 3 mit 0,44bit/s) sind nur für Telemetriedienste geeignet.

Mittlere Durchsatzklasse	Mittlerer Datendurchsatz in Byte/Stunde	Mittlere Durchsatzklasse	Mittlerer Datendurchsatz in Byte/Stunde
1	Best effort	11	100 000 (~0.22 kbit/s).
2	100 (~0.22 bit/s).	12	200 000 (~0.44 kbit/s).
3	200 (~0.44 bit/s).	13	500 000 (~1.11 kbit/s).
4	500 (~1.11 bit/s).	14	1 000 000 (~2.2 kbit/s).
5	1 000 (~2.2 bit/s).	15	2 000 000 (~4.4 kbit/s).
6	2 000 (~4.4 bit/s).	16	5 000 000 (~11.1 kbit/s).
7	5 000 (~11.1 bit/s).	17	10 000 000 (~22 kbit/s).
8	10 000 (~22 bit/s).	18	20 000 000 (~44 kbit/s).
9	20 000 (~44 bit/s).	19	50 000 000 (~111 kbit/s).
10	50 000 (~111 bit/s).		

Tabelle 8 GPRS Durchschnitts-Durchsatzklassen

3.1.3 Endgeräteklassen

Um dem Endnutzer den Paketdatendienst mit verschiedenen Leistungsmerkmalen anbieten zu können, wurden drei Geräte- bzw. Benutzerklassen definiert:

- **Benutzerklasse A:** Gleichzeitige Benutzung aller Dienste gemäß Dienstprofil bei gleich bleibender Sprachqualität.
Ist technisch sehr aufwendig und teuer – daher eher selten eingesetzt.
- **Benutzerklasse B:** Eingeschränkte gleichzeitige Benutzung von Diensten mit vermindertem Durchsatz bei geringerer Sprachqualität, d.h. die Geräte können entweder Daten oder Anrufe verwalten. Sollte jedoch während der Datenübertragung ein Anruf eingeht, so erfolgt ein sog. CSD Call, besser bekannt als „Anklopfen“. Der Benutzer kann dann entscheiden, ob er den Datenfluss unterbrechen will und das Telefongespräch entgegen nimmt, oder nicht.
Wird voraussichtlich am häufigsten eingesetzt werden.
- **Benutzerklasse C:** Keine gleichzeitige Benutzung von Diensten, d.h. die Funktion dieser Geräte ist nur nach dem Einschalten wählbar (GPRS oder „Telefon“); sie sind im GPRS Betrieb für CSD Calls unerreichbar. Es ist jedoch netzseitig die Möglichkeit vorgesehen, SMS-Nachrichten jederzeit empfangen zu können.
Da dies nur durch aus- und einschalten des Gerätes verändert werden kann, betrachten die Hersteller von Handys mit GPRS-Funktion dies für unzumutbar und stellen keinerlei Geräte dieser Klasse her.

3.2 Systemarchitektur

(5) Um paketorientierte Datendienste zu ermöglichen wird die GSM-Netzarchitektur wie folgt erweitert:

- GPRS fähige Mobilstationen, um die neuen Merkmale nutzen zu können
- Im GSM Extended Access Network GERAN wird hinzugefügt
 - die Packet Control Unit PCU und die
 - Steuerung des Air Interfaces (Luftschnittstelle)
- Das GPRS Core Network kommt neu hinzu und besteht aus:
 - Gateway GPRS Support Node (GGSN), der als Schnittstelle zu externen Netzen dient.
Hier werden die Paketdatenprotokoll-Adressen ausgewertet und auf die IMSI der jeweiligen Mobilstation umgesetzt. Die Datenpakete werden entkapselt und entsprechend den Optionen des Netzprotokolls an die nächste Instanz der Netzschicht versendet.
 - Serving GPRS Support Node (SGSN), der zur funktionalen Unterstützung der Mobilstationen dient.
Hier werden z.B. die Adressen der Teilnehmer eines Gruppenrufes aus den GPRS Registern abgefragt.
Die Funktionen des SGSN und des GGSN können auch in einer Einheit realisiert werden.
 - GPRS-Register (GR), ist als Teilbereich des GSM-HLR anzusehen; in ihm werden alle GPRS-bezogenen Daten gespeichert.

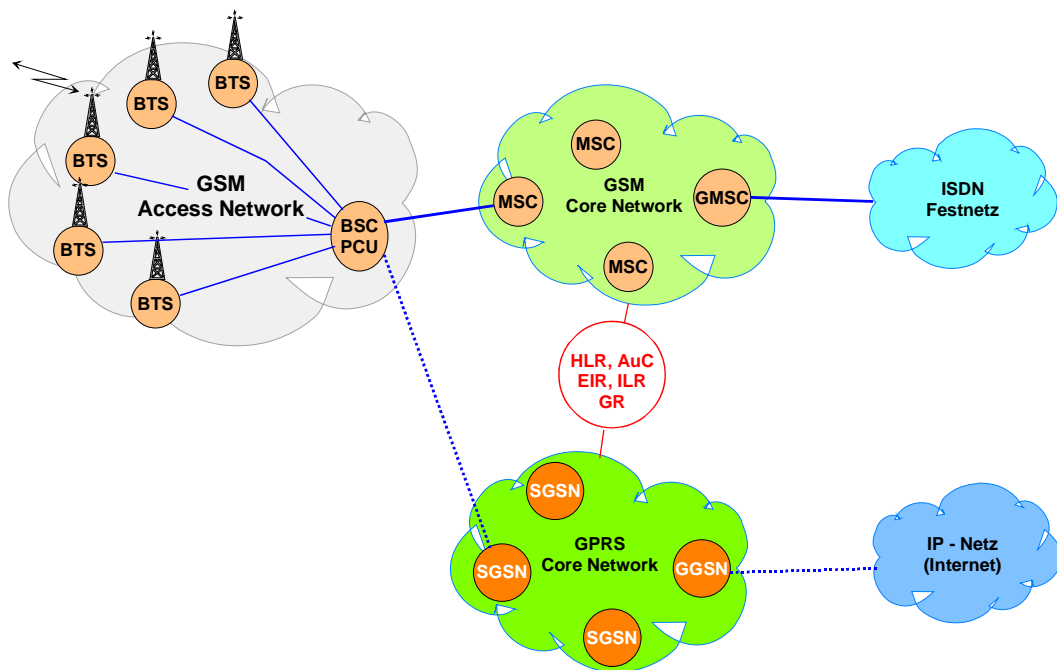


Bild 3 GSM/GPRS Netzarchitektur

3.2.1 Mobilstation

GPRS Mobilstationen werden in die drei Klassen A, B und C eingeteilt.

- Klasse A Stationen können GSM und GPRS Dienste simultan betreiben; es kann mit ihnen also z.B. gleichzeitig eine Datenübertragung via GPRS und ein Telefongespräch über GSM durchgeführt werden.
- Klasse B Geräte überwachen GSM und GPRS Kanäle, die beiden Dienste können jedoch nicht zur gleichen Zeit benützt werden. Die meisten handelsüblichen GPRS-Mobiltelefone gehören dieser Klasse an.
- Klasse C Geräten haben entweder keine GSM Funktionalität, oder der Nutzer muss manuell zwischen GPRS und GSM umschalten.

3.2.2 GSM Extended Radio Access Network – GERAN

Das GSM Extended Radio Access Network – GERAN – siehe **Bild 3** - wird auch BSS - Base Station Subsystem genannt und besteht neben den GSM-Elementen BTS, BSC (incl. TCE) aus der Packet Control Unit PCU und einer modifizierten Luftschnittstelle.

Packet Control Unit (PCU)

Die PCU dient der Verbindung zwischen dem BSC eines GSM-Zugangsnetzes (Base Station Subsystem) und dem für einen bestimmten geografischen Bereich zuständigen Serving GPRS Support Node SGSN des GPRS Core Networks. In dieser Funktion hat sie folgende Aufgaben zu erfüllen:

- Rahmenanpassung zwischen SGSN und BSC
 - Um die PCU-Rahmen transparent durch den BSC zur BTS zu routen zu können werden sie in 20ms lange Datenrahmen umgesetzt, die dasselbe Format haben wie die TCE-„Sprachrahmen“. Bei GPRS werden diesen Rahmen von der PCU zusätzliche funkspezifische Steuerungsdaten hinzugefügt, um paketorientierten Datenverkehr auf der Funkschnittstelle ohne Störungen durchführen zu können.
- Steuerung des Datenaustausches zwischen MS und PCU

Im Rahmen des Paketdatenverkehrs über die Luftschnittstelle hat die PCU zwei Kernfunktionen zu erfüllen, welche durch die MAC- und RLC-Protokollschicht gesteuert werden:

- MAC - Medium Access Control
Da bei paketorientierten Übertragungsressourcen mehrere Teilnehmer auf dasselbe Medium zugreifen können, darf es zu keinen Kollisionen der teilnehmer-spezifischen Datenpakete kommen. Das MAC-Protokoll sorgt für eine Steuerung des Funkkanalzugriffs und die Aufteilung der GPRS-Funkressourcen auf mehrere Teilnehmer. Weiters steuert die MAC-Schicht auch die Aufhebung der Funkressourcenzuweisung eines GPRS-Teilnehmers.
- RLC - Radio Link Control
In der RLC-Schicht werden die eher größeren Datenpakete, die vom SGSN kommen, in mehrere kleinere Teilpakete, damit diese auf das 20ms-Format gebracht werden können. Um beim Empfänger die Teilpakete wieder in der richtigen Reihenfolge zusammensetzen zu können, werden alle Teilpakete durchnummeriert. Die RLC-Schicht ist unter anderem auch für die Fehlerschutzmechanismen der Daten verantwortlich. Werden einzelne Teilpakete dem Empfänger durch Störungen an der Funkschnittstelle fehlerhaft zugestellt, so er-

kennt der Empfänger anhand von Prüfsummenbits diese Fehler und kann das Teilpaket mit der entsprechenden Sequenznummer von der RLC-Schicht des Senders nochmals anfordern. Die RLC-Schicht hält dazu die durchnummerierten Teilpakete eine gewisse Zeit gepuffert, sodass sie das Teilpaket nochmals zum Senden ausschicken kann. Man spricht hier auch von einem "Acknowledged Mode", da die Funkübertragung mit einer Empfangsbestätigung durchgeführt wird.

GPRS-Datenübertragung über die Funkschnittstelle

(6) GPRS benützt die Struktur der GSM-Luftschnittstelle, d.h. dass für Up- und Downlink unterschiedliche Frequenzen verwendet werden. Da die Datenübertragung über die Luftschnittstelle fehleranfällig ist, wird durch doppeltes Senden der Daten eine Fehlerkorrektur bzw. -erkennung erleichtert.

Bei GSM-Sprachdiensten teilen sich bis zu sieben Teilnehmer eine Übertragungsfrequenz. Dazu wird jedem Teilnehmer ein "Zeitschlitz" zugewiesen. Pro Frequenzband gibt es acht Zeitschlitze, wovon allerdings einer für Signalisierungsdaten reserviert ist. Die Zeitdauer eines GSM- Zeitrahmen beträgt 4,6 ms die in acht Zeitintervalle (Zeitschlitze) geteilt werden. Ein Zeitschlitz stellt somit einen Übertragungskanal dar. Pro Zeitschlitz werden 114 Bit Daten eines bestimmten Teilnehmers übertragen. Wenn der achte Zeitschlitz und damit auch ein 4,6 ms-Zeitrahmen fertig übertragen ist, wird der nächste Zeitrahmen (4,6ms) beginnend mit dem ersten Zeitschlitz übertragen.

Um höhere Datenraten zu erzielen, können bei GPRS bis zu 8 Zeitschlitze miteinander kombiniert und zu einem Übertragungskanal zusammengefasst werden - momentan sind maximal 4 Zeitschlitze möglich.

Um diesen Übertragungskanal besser ausnützen zu können teilt der "paketorientierte" Datendienst einen Übertragungskanal auf mehrere Teilnehmer auf. Die zu übertragenden Daten werden dabei in Pakete aufgeteilt und über den Kanal übertragen. Wenn ein Teilnehmer z.B. eine herunter geladene Internetseite liest und daher keine Daten überträgt, kann ein anderer Teilnehmer diese Leerzeit nützen um seine Datenpakete über denselben Kanal zu schicken, dh. die Leerzeiten werden durch Daten anderer Teilnehmer ausgestopft.

Je nach der vom Teilnehmer gewünschten Übertragungskapazität und Übertragungsqualität kann bei GPRS die Redundanz auf der Luftschnittstelle reduziert werden.

Insgesamt sind vier Kanalcodierungsverfahren (Coding-Schemes CS) vorgesehen:

- KC-1 verdoppelt wie GSM die Daten
- KC-2 besitzt ein Verhältnis Nutzdaten zu übertragene Daten von 2:3
- KC-3 besitzt ein Verhältnis Nutzdaten zu übertragene Daten von 3:4
- KC-4 arbeitet ohne jegliche Redundanz

	1 ZS	2 ZS	3 ZS	4 ZS	5 ZS	6 ZS	7 ZS	8 ZS
KC1	8	16	24	32	40	48	56	64
KC2	12	24	36	48	60	72	84	96
KC3	14,4	28,8	43,2	57,6	72	86,4	96	115,2
KC4	20	40	60	80	100	120	140	160

Tabelle 9 GPRS Datenraten (reine Nutzdaten)

	1 ZS	2 ZS	3 ZS	4 ZS	5 ZS	6 ZS	7 ZS	8 ZS
KC1	9,05	18,1	27,15	36,2	45,25	54,3	63,35	72,4
KC2	13,4	26,8	40,2	53,6	67,0	80,4	93,8	107,2
KC3	15,6	31,2	46,8	62,4	78,0	93,6	109,2	124,8
KC4	21,4	42,8	64,2	85,6	107,0	128,4	149,8	171,2

Tabelle 10GPRS Datenraten mit Kontrolldaten

Rahmenstruktur

(7) Zur Abbildung der logischen Paketdatenkanäle auf die physikalischen GSM-Kanäle ist es notwendig, eine Mehrfachrahmenstruktur zu definieren. Dabei muss berücksichtigt werden, dass eine im Paketdatenmodus betriebene Mobilstation neben den Teilnehmerdaten und GPRS-spezifischen Signalisierungsinformationen in regelmäßigen Abständen auch die Signalisierungskanäle des GSM (z.B. BCCH oder SCH) empfangen können muss.

Für das RLC/MAC-Protokoll ist ein 52er-Mehrfachrahmen definiert worden, bestehend aus 2 Timing Advance Control Blocks (TA), 2 Idle-Frames² (I) und 12 Radio-Blocks à 4 TDMA Frames entsprechend der Interleavingtiefe von vier.

Aus den Multiframe werden - wie bei GSM - Superframes von 6120s Dauer und daraus Hyperframes von 3:28:53.760h gebildet.



Bild 4 GPRS Multirahmenzyklus auf dem Downlink

3.2.3 GPRS Core Network

Da GSM keine paketvermittelte Datenübertragung erlaubt, wurde ein neues GPRS-fähiges Kernnetz mit den Komponenten Serving GPRS Support Node (SGSN) und Gateway GPRS Support Node (GGSN) aufgebaut.

Serving GPRS Support Node SGSN

(8) Von den Aufgaben her erfüllt der SGSN für die paketorientierten Dienste äquivalente Funktionen wie es die Einheit MSC/VLR für die leitungsorientierten Dienste tut.

- er baut die Datenverbindung auf und arbeitet bei Geräten, die sowohl daten- als auch sprachfähig sind mit dem für die Telefonie beziehungsweise Leitungsvermittlung zuständigen MSC/VLR zusammen.
- er führt die Authentizierung für die Teilnehmer seines Zuständigkeitsbereichs durch
- er führt das Mobilitätsmanagement für die Teilnehmer seines Zuständigkeitsbereichs durch und verwendet dafür Paket-TMSI und ein Routing Area – welche der TMSI und dem Location Area im VLR entsprechen. Zum Mobilitätsmanagement gehören z.B.:
 - GPRS Attach / Detach
 - Cell Updates and Routing Area Updates
 - Paging
- er stellt beim Verbrauch GPRS-interner Netzressourcen einer Verrechnungsstelle die Verrechnungsgrundlagen in Form des Call Data Record (CDR) zur Verfügung. Diese CDRs werden über das IP-basierende Intra-PLMN-Backbone (Ga-Schnittstelle) zum Charging Gateway (CG) weitergeleitet, von wo sie einem Verrechnungszentrum zur Verfügung gestellt werden, um dem Kunden das Service am Monatsende in Rechnung zu stellen
- er verschlüsselt die Paketdaten auf Wunsch des Teilnehmers - im Gegensatz zu GSM, wo die Verschlüsselung der Sprachdaten erst in der BTS erfolgt.
- für die Datenkompression verwendet der SGSN andere Algorithmen als das Transcoding Equipment TCE für die Sprachdatenkompression.

² In den IDLE-Rahmen werden Prozeduren zur Sendeleistungsanpassung und die Ermittlung des Base Station Identity Codes durchgeführt.

Gateway GPRS Supportnode GGSN

(9) Der Gateway GPRS Support Node (GGSN) dient als Schnittstelle zu externen Datennetzen und befindet sich im GPRS Core Network. Er hat als Gateway in GPRS-Netzen die Aufgabe, den Datenverkehr zwischen den externen paketvermittelten Übertragungsnetzen (Packet Data Networks - PDNs) und dem Vermittlungsnetz (Packet Domain) des GPRS-Netzes zu koordinieren. Der GGSN muss u.a. die unterschiedlichen Datentechniken aneinander anpassen und auch eventuell unterschiedliche Datenraten aufeinander abstimmen. Für das externe PDN (z.B. Internet) wirkt das Mobilfunknetz wie ein gewöhnliches IP-Netzwerk, das durch den GGSN als Router am externen PDN angeschlossen ist.

Da GPRS mehrere Paketdatenprotokolle (PDP - Packet Data Protocol), wie IP, PPP und IPOS, unterstützt, müssen diese auch von den GGSNs verarbeitet werden können. Jedoch muss nicht jeder GGSN alle diese Paketdatenprotokolle unterstützen, sondern die Protokolle können auf verschiedene GGSNs aufgeteilt werden, sodass die GGSNs verschiedene Übertragungscharakteristiken haben. Je nachdem, welches Paketdatenprotokoll bei einer Daten-session aktiviert wird, muss der entsprechende GGSN für die Datenversorgung des Mobilteilnehmers verwendet werden. Wird vom GPRS-Handy bei der Aktivierung des PDP-Contextes dem SGSN ein APN (Access Point Name) bereitgestellt, so kann der SGSN auch mit Hilfe dieses APNs den entsprechenden GGSN für den Datentransfer wählen. Der APN definiert dabei den entsprechenden GGSN eines Mobilfunknetzes, der die gewünschte Dienstcharakteristik erfüllt. So lautet z.B. bei Connect Austria der APN: web.one.at oder bei der Mobilkom Austria a1.net. Diese URLs müssen allerdings vom DNS-Server in eine IP-Adresse umgerechnet werden, um im IP-Netz den entsprechenden GGSN erreichen zu können. Sollte vom GPRS-Handy dem SGSN kein APN angeboten werden, muss der SGSN selbst dem angeforderten PDP-Protokoll entsprechend den passenden GGSN wählen.

Bewegt sich ein Mobilteilnehmer von einer Funkzelle zur nächsten, kann der gerade aktive GGSN während einer Datensession nicht gewechselt werden. Außerdem muss der GGSN für alle Gebühren, die außerhalb des Mobilfunknetzbetreibers anfallen bzw. in Rechnung gestellt werden ein Vergebührens-Ticket erstellen und an ein Verrechnungscenter weiterleiten. Eine weitere Aufgabe des GGSNs ist die Aktivierung bzw. die Deaktivierung eines PDP-Contextes, sowie die Entscheidung eines QoS-Profiles (Quality of Service, Dienstgüte-Profil), das einem Teilnehmer zur Verfügung gestellt wird.

Zusätzliche Komponenten

Neben den bereits dargestellten Komponenten existieren im GPRS Netzwerk noch Border Gateways (BG), durch welche verschiedene GPRS Netzwerke miteinander verbunden werden, Einheiten zur Behandlung von SMS und solche zur Nutzeridentifikation. Weitergehende Information sind in der Spezifikation GSM 03.60 zu finden.

Schnittstellen

(10) Mit der Erweiterung des bestehenden GSM-Netzes um die GPRS-spezifischen Blöcke PCU, SGSN und GGSN wurden folgende neue Schnittstellen spezifiziert.

- A_{gprs} -Schnittstelle: BSC – PCU
- G_b -Schnittstelle: PCU – SGSN
- G_s -Schnittstelle: SGSN - VLR
- G_r -Schnittstelle: SGSN & GGSN – HLR
- G_n -Schnittstelle: SGSN – GGSN
- G_i - Schnittstelle: GGSN - Datennetz

Jedes GPRS-Netz hat zwei Zugangspunkte

- die Funkschnittstelle U_m für den Zugang der Mobilstation zum Netz und
- die Referenzpunkte R und S in der Mobilstation zum Senden bzw. Empfangen von Nachrichten.

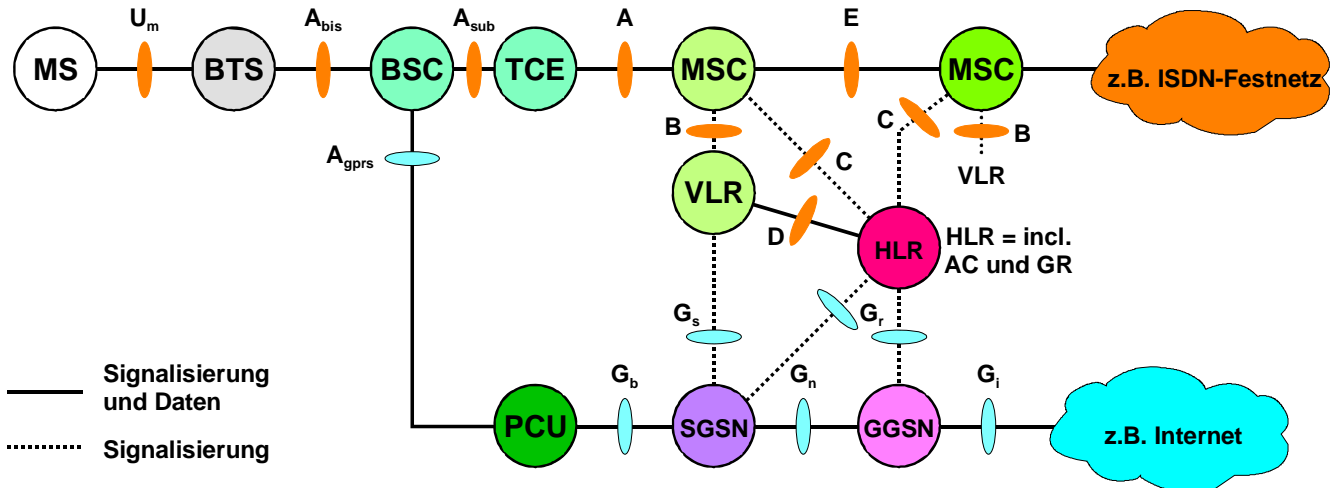


Bild 5 GPRS Schnittstellen und Referenzpunkte

Der eigentliche Datenverkehr wird im GPRS über den SGSN abgewickelt. Die MSC dient nur der Signalisierung. Es sind mehrere Zuordnungsmöglichkeiten denkbar:

- ein SGSN je MSC,
- ein SGSN für mehrere MSCs und
- SGSN - Versorgungsbereiche sind unabhängig von jenen der MSCs.

3.3 Wegewahl und Mobilitätsverwaltung

Wegewahl

(11) Bei einer von der MS initiierten Übertragung entkapselt der SGSN die eingehenden Pakete, wertet die Adressinformationen aus und routet sie zum entsprechenden GGSN, der seinerseits die Weiterleitung zum richtigen Packet Data Network (PDN) durchführt. Im jeweiligen PDN werden die netzspezifischen Routingprozeduren verwendet, um die Pakete zur Partnerinstanz weiterzuleiten.

Bei einer Passivverbindung werden die Pakete der Partnerinstanz nach Auswertung der Zieladresse durch das PDN zum GGSN geroutet. Dieser überprüft den Routingkontext, der dieser Zieladresse zugeordnet ist und fragt den korrespondierenden SGSN und die zugehörige Tunnelinformationen ab. Das Paket wird dann gekapselt und zum SGSN „getunnelt“, der es zur MS weiterleitet.

Es können zwei verschiedene Paketkapselungsschemata verwendet werden. Bei dem universelleren von beiden werden die Pakete mit Hilfe eines GPRS-netzweit einheitlichen Tunnelprotokolls gekapselt, wodurch beliebige Paketdatenprotokolle verwendet werden können, auch wenn sie nicht von allen SGSN unterstützt werden. Die Kapselung zwischen MS und SGSN wird benutzt, um die Schicht 2 von den Vermittlungsschichtprotokollen zu entkoppeln.

Mobilitätsverwaltung

Bevor eine Mobilstation Daten versenden kann, muss sie sich in den Paketdatendienst einbuchen. Mit dieser zwischen MS und SGSN ausgeführten sog. Attachment Prozedur wird ein logischer Verbindungskontext aufgebaut. Als Resultat wird der MS eine eindeutige temporäre Verbindungskennung (Temporary Logical Link Identity, TLLI) zugewiesen. Äquivalent zum bestehenden GSM gibt eine Cipherring Key Sequence Number an, wie die Benutzerdaten verschlüsselt werden. Zur Überprüfung, ob die MS Zugang zum jeweiligen PDN hat, wird das GR abgefragt, welches sowohl Informationen über die abonnierten Dienste beinhaltet als auch die passenden GGSN-Adressen. Ist der Zugang erlaubt, wird der GGSN aufgefordert, seinen Routingkontext zu aktualisieren. Alle funktionalen GPRS Instanzen einigen sich somit, bevor ein Paketdatendienst angefordert werden kann, über jeden Eintrag des Kontextes. Während einer GPRS-Sitzung werden die Vereinbarungen ständig aktualisiert.

Parameter	Speicherort
Status der Mobilstation active, idle, standby)	MS + SGSN
Authentifizierung (Chiffrierungs-Schlüssel)	MS + SGSN
Kompressionsunterstützung (ja/nein)	MS + SGSN
Routing Daten (TLLI, RA, Cell- ID, PDCH)	MS + SGSN
Identität der Mobilstation (IMSI, IMG1)	SGSN
Gateway GSN-Adresse (IP-Adresse)	SGSN
Verrechnungsparameter (Byteanzahl)	SGSN

Tabelle 11 GPRS-Kontext

(12) Der Aufenthaltsbereich einer MS wird über das Zustandsmodell verwaltet. Während die MS den SGSN im Zustand Ready über jeden Zellenwechsel informiert, wird die Ortsinformation im Zustand Standby nur dann aktualisiert, wenn das sog. Routing Area (RA) gewechselt wird. Dieses Gebiet stellt eine Untermenge der im GSM definierten Aufenthaltsbereiche dar. Die Anzahl der zugehörigen Zellen kann vom Netzbetreiber frei definiert werden.

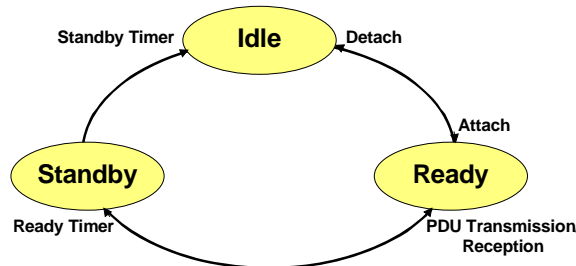


Bild 6 GPRS Zustandsmodell der Mobilitätsverwaltung

Ein eventueller Zellenwechsel wird auf der Ebene der logischen Verbindungen verwaltet. Die Aktualisierung der Bereichsinformation wird eingeleitet, indem dem SGSN ein Routing Update Request übermittelt wird. Diese Meldung beinhaltet sowohl die Bezeichnung der neuen und der alten Zelle als auch das neue und das alte RA.

Falls der SGSN sowohl das neue als auch die alte RA verwaltet (Intra-RA Update), besteht keine Notwendigkeit, andere Netzelemente (GGSN bzw. GR) zu informieren, weil der Routing-Kontext sich nicht verändert hat.

Wenn das alte RA einem anderen SGSN zugeordnet ist, erfolgt ein Inter-RA Update, wobei der neue SGSN den alten SGSN auffordert, die Mobilitätsinformationen und den Routingkontext der MS zu übersenden. Nach erfolgreicher Aktualisierung veranlasst der alte SGSN, dass die veralteten Kontextinformationen aus dem GR gelöscht werden und informiert den GGSN über den neuen Kontext.

3.4 Protokollarchitektur

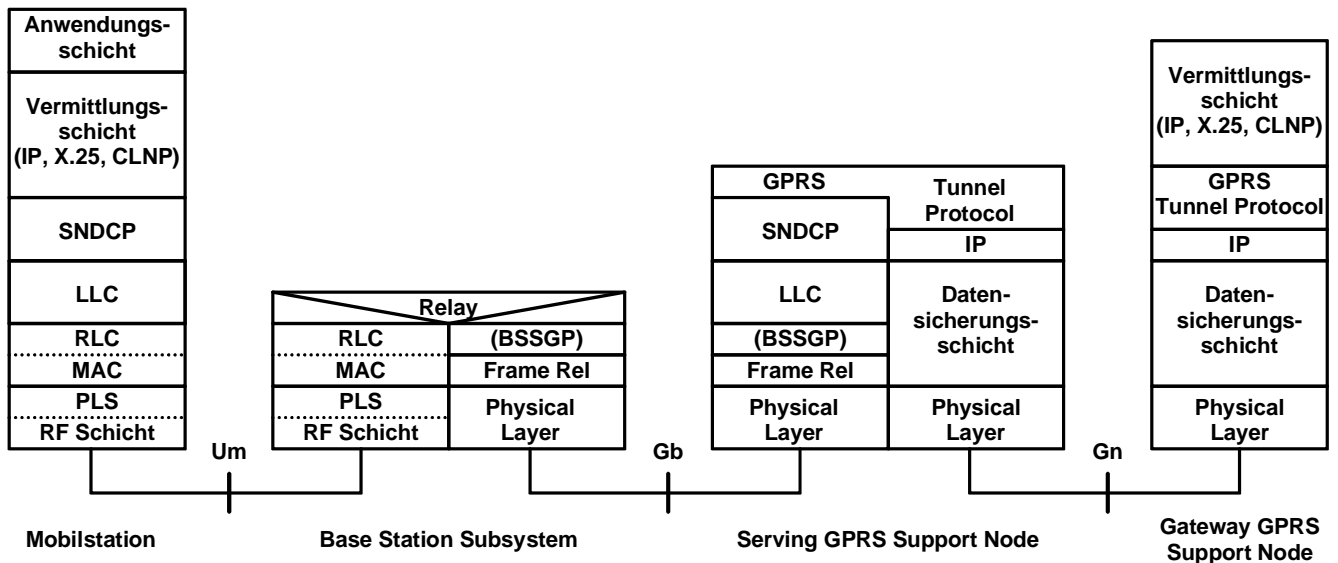


Bild 7 GPRS Protokollarchitektur

Die Funktionen des Paketdatendienstes findet man in der Protokollarchitektur wieder. Als Vermittlungsschichtprotokoll in der Mobilstation bzw. dem GGSN wird in Abhängigkeit von der Festnetzumgebung auf existierende Standardprotokolle zurückgegriffen. Für GPRS ist Interworking mit TCP/IP, CLNP³ und X.25 basierten Netzen vorgesehen.

Das allgemeine Übertragungsprinzip beruht darauf, dass alle Datenpakete von bzw. zu externen Netzen innerhalb des GPRS Core-Networks gekapselt übertragen werden, d.h. zwischen SGSN und GGSN werden die gekapselten Datenpakete und die anfallende Signalisierungsinformation mit dem GPRS Tunnel Protocol (GTP), übertragen. Dieses realisiert die Interworking Funktion zwischen GSM- und festnetzspezifischen Netzprotokollen.

Zwischen Mobilstation und SGSN wird in der untersten Teilschicht der GSM-Vermittlungsschicht das Subnetwork Dependent Convergence Protocol (SNDCP) eingesetzt, das mehrere Vermittlungsschichtverbindungen auf eine virtuelle Sicherungsschichtverbindung multiplext und Verschlüsselungs- und Datenkompressionsalgorithmen anbietet.

Das Base Station Subsystem GPRS Application Protocol (BSSGP) an der G_b Schnittstelle entspricht dem aus dem GSM bekannten BSSMAP und stellt im Wesentlichen die gleichen Funktionen zur Verfügung. An der G_b Schnittstelle wird, um Verzögerungen zu minimieren, auf der Sicherungsschicht ein modifiziertes Frame-Relay-Verfahren eingesetzt.

Bitübertragungsschicht

(13) Die Bitübertragungsschicht an der Funkschnittstelle ist in die sog. physikalische Verbindungssteuerungsschicht (Physical Link Layer, PLL) und die physikalische RF Schicht (Physical Radio Frequency Layer, RF) unterteilt. Die Spezifikation dieser Teilschichten erfolgt gemäß den GSM Empfehlungen der Serie 05. Während die RF Teilschicht die Modulation und Demodulation der Funkwellen abdeckt, stellt die PLL Schicht Dienste für die bitweise Datenübertragung in Form von Bursts über die Funkschnittstelle zur Verfügung. Sie ist unter anderem für die Vorwärtsfehlerkorrektur sowie das Interleaving verantwortlich und beinhaltet Funktionen zur zeitlichen Synchronisation (Timing Advance) der jeweiligen Mobil- und Basisstation und Auswertung der Funksignalqualität. Ebenso sind hier Zellenauswahl- und Sendeleistungssteuerung (Power Control) angesiedelt.

³ Connectionless Network Protocol nach ISO 8348

Sicherungsschicht (Medienzugriffsschicht)

(14) Die Grundidee, den Paketdatendienst in das GSM zu integrieren, besteht darin, aus dem Pool der vorhandenen physikalischen GSM-Kanäle bestimmte für den Paketdatendienst zu reservieren und diese in logische Kanäle zu unterteilen, d.h. sie mehreren Benutzern im Vielfach zur Verfügung zu stellen um deren Kapazität effizient ausnutzen zu können. Daher ist die Sicherungsschicht an der Schnittstelle U_m in zwei Teilschichten unterteilt:

- die logische Funkverbindungsteilschicht (Radio Link Control, RLC) welche Dienste zur Verfügung stellt, die eine zuverlässige logische Verbindung zwischen MS und BSS gewährleisten und
- die Medienzugriffsteilschicht (Medium Access Control, MAC) die den Zugriff auf das Funkmedium steuert.

Die Medium Access Control/Radio Link Control (MAC/RLC) ist für die Segmentierung/Desegmentierung der LLC-Frames verantwortlich. Auf dieser Ebene sind ebenfalls acknowledged / unacknowledged Operationsmodi implementiert.

Logical Link Control - Teilschicht

(15) Die LLC-Teilschicht ist für den Transport der Datenpakete der Vermittlungsschicht zwischen der Mobilstation und dem SGSN verantwortlich und spielt bei GPRS eine ähnliche Rolle wie die Link Access Prozedur auf dem D_m -Kanal ($LAPD_m$) des GSM. Neben Punkt-zu-Punkt wird auch Punkt-zu-Mehrpunkt Kommunikation unterstützt. Die wesentlichen Funktionen sind Flusskontrolle und Fehlerkorrektur anhand bekannter ARQ und FEC Mechanismen. Das Protokoll der LLC Teilschicht lehnt sich stark an die im GSM benutzte Link Access Procedure on the D-Channel ($LAPD_m$) an und wird, mit LAP_G für Link Access Procedure on the G-Channel bezeichnet.

In der LLC-Teilschicht wird die Sicherung der Teilnehmerdaten zwischen Mobilstation und SGSN durchgeführt, ferner wird zusammen mit der LLC-Frame Nummer (32bit) und einem 64bit Schlüssel auf dieser Schicht das Cyphering durchgeführt.

Höhere Schichten

In der Protokollschicht über der LLC befindet sich das SubNetwork Dependent Convergence Protocol (SNDCP), welches für Datenkompression und Auf- bzw. Abbau von LLC-Operationen verantwortlich ist. Daneben lässt sich auch das GPRS Mobility Management and Session Management (GMM/SM), sowie SMS Funktionalität finden. Den Abschluss des Protokollstacks auf Mobilstationsseite bilden IP/X.25 und letztendlich Applikationsprotokolle.

3.5 RLC/MAC-Protokoll

Zugriffskonzept

Das RLC/MAC-Protokoll steuert den Zugriff der Paketdatenteilnehmer auf das Funkmedium durch Algorithmen zur Kollisionsauflösung, zum Multiplexen sowie der Kanalreservierung unter Berücksichtigung der angeforderten Dienstgüte. Eine Besonderheit des Protokolls ist der sog. Multi-Slot-Modus, in welchem einer Mobilstation gleichzeitig mehrere logische Kanäle zugewiesen werden.

Sobald beim RLC/MAC-Protokoll ein LLC-Rahmen zur Übertragung vorliegt, wird er abhängig vom Codierungsschema segmentiert und auf die RLC/MAC-Protokolldateneinheiten aufgeteilt. Eine RLC/MAC-PDU wiederum wird auf vier Normal-Bursts verwürfelt, die in Zeitschlitzen derselben Nummer in aufeinander folgenden TDMA-Rahmen gesendet werden.

Anhand einer Rahmenfolgennummer steuert das Protokoll die selektive Wiederanforderung fehlerhaft empfangener Blöcke. Erst wenn ein LLC Rahmen korrekt wieder zusammengesetzt werden konnte, wird er an die LLC Schicht weitergereicht.

Die Basisstation organisiert, wann und auf welchem Kanal eine Mobilstation Daten senden darf. Dies ist einerseits durch die Kanalreservierung (Zeitschlitznummer) bestimmt, andererseits aber auch durch den Wert einer speziellen Bitkombination, das Uplink State Flag (USF). Durch den temporär zugewiesenen USF-Wert erkennt eine MS, ob ein Kanal für sie zur Übertragung freigegeben ist, so dass auf einem Kanal mehreren Mobilstationen dynamisch Kapazität zur Verfügung gestellt werden kann.

Das logische Kanalkonzept

(16) Die Abbildung der Paketdatenkanäle (Packet Data Channel, PDCH) auf die physikalischen Kanäle folgt dem bestehenden GSM-Prinzip. Ein PDCH ist somit durch einen physikalischen Zeitschlitz und die TDMA-Nummer bestimmt. Uplink und Downlink stellen logisch voneinander unabhängige Ressourcen dar, d.h. auf dem gleichen PDCH können Daten an eine MS versendet (Downlink) und Daten einer anderen MS empfangen (Uplink) werden. Gemäß der Anforderung einer flexiblen Anpassungsmöglichkeit an das Verkehrsaufkommen einer Zelle, wird die Zuweisung der PDCH dynamisch verwaltet.

Vor dem Einbuchen in den GPRS wird auf dem PBCCH ein PDCH angezeigt, der die Funktion eines bidirektionalen Signalisierungskanals übernimmt. Auf diesem sog. Master Packet Data Channel (MPDCH) läuft die gesamte erforderliche Signalisierung ab. Der MPDCH ist logisch unterteilt in:

- Packet Broadcast Control Channel (PBCCH), auf dem GPRS spezifische Steuerinformationen angezeigt werden,
- Packet Random Access Channel (PRACH), für den Zufallszugriff,
- Packet Paging Channel (PPCH), auf dem zu sendende Daten auf dem Downlink angezeigt werden,
- Packet Access Grant Channel (PAGCH), auf dem Kanalreservierungen angezeigt werden.

Datentransfer bzw. verbindungsbezogene Signalisierung laufen auf dem sog. Slave Packet Data Channel (SPDCH) ab. Zu diesem zählen die:

- Packet Traffic Channels (PTCH), welche einzelnen MS temporär zur Datenübertragung zugewiesen werden,
- Packet Associated Control Channels (PACCH), auf welchen die verbindungsbezogenen Signalisierungsdaten übertragen werden.

Gruppe	Kanal	Kanalbezeichnung	Richtung
MPDCH	PBCCH	Packet Broadcast Control Channel	MS ← BS
	PRACH	Packet Random Access Control Channel	MS → BS
	PPCH	Packet Paging Channel	MS ← BS
	AGCH	Packet Access Grant Channel	MS ← BS
SPDCH	PACCH	Packet Associated Control Channel	MS ↔ BS
	PTCH	Packet Traffic Channel	MS ↔ BS

Tabelle 12GPRS: logische Paketdatenkanäle beim Master-Slave-Konzept

Mit diesem Konzept ist es möglich, auf dem BCCH nur noch Informationen über den MPDCH mitzuteilen und Kanalkapazität auf dem BCCH einzusparen. Zusätzlich erleichtert dieses Verfahren das dynamische Hin- und Herwechseln zwischen PDCHs und TCHs.

4 EDGE - Enhanced Datarate for Global Evolution

Mit Hilfe des EDGE-Standards haben Mobilfunk-Netzbetreiber die Möglichkeit, ihre bestehenden GSM/GPRS-Netze auf den Standard der 3. Mobilfunkgeneration zu bringen, da auch bei EDGE Datenraten von 384kbit/s und mehr möglich werden. Da EDGE auf den Multiplexverfahren (TDMA/FDMA) von GSM/GPRS aufsetzt ist die Auslastung der Zellen schlechter als bei UMTS.

Das EDGE-Prinzip lässt sich bei einer GSM/GPRS-Netzevolution für zwei Datentransfer-technologien einsetzen:

- HSCSD – sog. ECSD-Netz (Enhanced Circuit Switched Data)
- GPRS – sog. EGPRS-Netz (Enhanced General Packet Radio Service)

Die Neuerungen von EDGE liegt darin, dass es nicht das GMSK-Modulationsverfahren (Gaußsches Minimum Shift Keying) des GSM/GPRS verwendet, sondern das 8-PSK-Verfahren (8 Phase Shift Keying) des UMTS.

4.1 Modulationsverfahren

(17) EDGE verwendet das 8-PSK-Verfahren (8 Phase Shift Keying). Bei diesem Verfahren gibt es 8 verschiedene Symbole - A, B, C, D, E, F, G, H - die sich voneinander nur durch die Phasenlage unterscheiden. Da es 8 Symbole gibt, unterscheiden sich die Symbole jeweils um eine Phasenverschiebung von 45 Grad (= 360 Grad / 8).

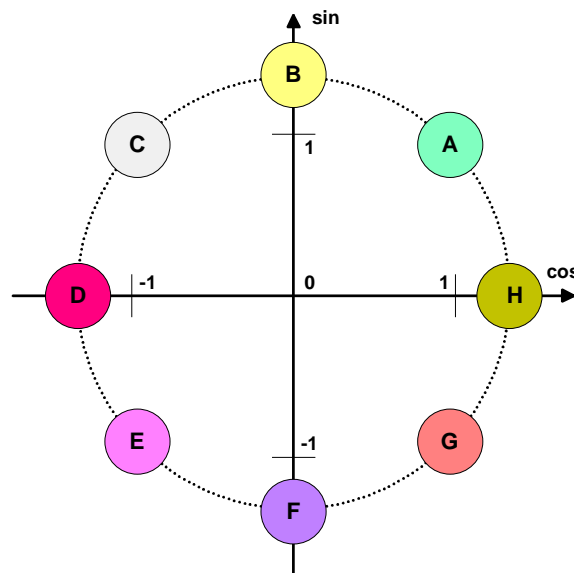


Bild 8 EDGE: Zeigerdiagramm für das 8-PSK-Verfahren

Jedes Symbol kann durch seine x- und y- Koordinaten-Werte dargestellt werden. Technisch entspricht das einer orthogonalen QAM-Modulation (Quadratur Amplituden Modulation) bei der zwei zuvor orthogonal kodierte Signale (S1 und S2 unten im Bild) gleichzeitig übertragen werden können, wobei S1 den x-Achsenwerten und S2 den y-Achsenwerten entspricht.

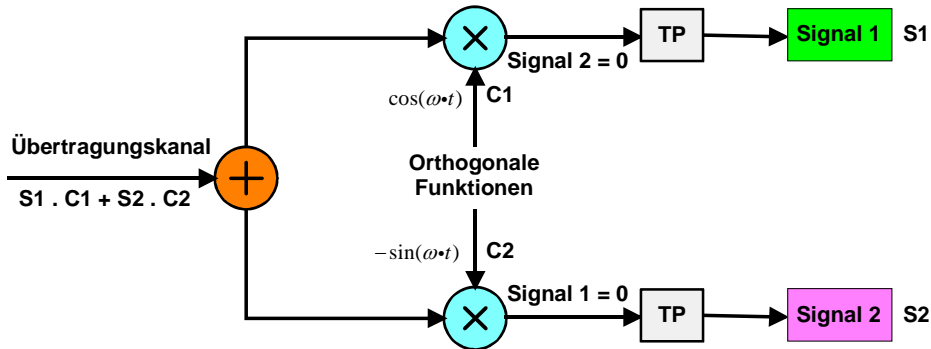


Bild 9 EDGE: Modulationsprinzip

Dabei ist ω die Kreisfrequenz des Hochfrequenzträgers. Durch die Multiplikation der Signale S1 bzw. S2 mit der cos- und sin-Funktion werden die beiden Signale auf den HF-Träger gebracht und zueinander orthogonal kodiert, damit der Empfänger S1 und S2 sie wieder voneinander trennen kann: $\cos(\omega \cdot t) \sin(\omega \cdot t)$

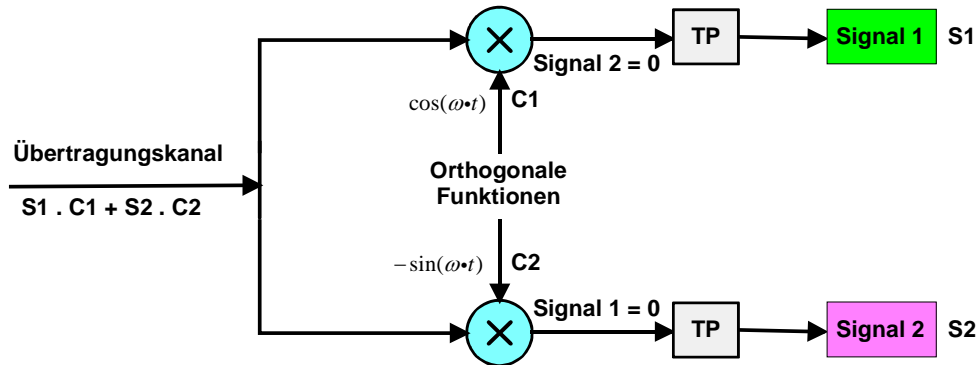


Bild 10 EDGE: Demodulationsprinzip

Die 8 verschiedenen Zustände werden durch 8 Symbole mit je 3 Bits gleichzeitig übertragen, wodurch sich die Datenrate gegenüber dem GSMK-Verfahren von GSM/GPRS um den Faktor 3 vergrößert.

Symbol	3 zugeordnete Bit	Koordinaten	Phase (zur x-Achse)
C	0 0 0	-1 / 1	135
D	0 0 1	-1,41 / 0	180
B	0 1 0	0 / 1,41	90
A	0 1 1	1 / 1	45
F	1 0 0	0 / -1,41	-90
E	1 0 1	-1 / -1	-135
G	1 1 0	1 / -1	-45
H	1 1 1	1,41 / 0	0

Tabelle 13EDGE: Zuordnung der Bitgruppen zu den Symbolen

Ein Bitstrom von: 001011110101000111111001000000101 (unterteilt in Dreiergruppen: 001 011 110 101 000 111 111 001 000 000 101) ergibt folgende Übertragungssymbole:

D, A, G, E, C, H, H, D, C, C, E

Die dazugehörigen Koordinatenwerte werden beim QAM-Modulator entsprechend angelegt und vom QAM-Empfänger wieder dekodiert und damit wieder in die entsprechenden 3 Bits zurückgewandelt.

4.2 Modulations- und Kodierungsschemata

(18) Im EGPRS-Netz werden 9 unterschiedliche Modulations- und Kodierungsschemata verwendet, die von dem Kanalkodierungsverfahren und vom verwendeten Modulationsverfahren abhängen.

Mod. & Coding Schema	Modulationsverfahren	Kodierungsverhältnis	Datenrate pro Zeitschlitz
MCS-1	GMSK	0,53	8,8kbit/s
MCS-2	GMSK	0,66	11,2kbit/s
MCS-3	GMSK	0,80	14,8kbit/s
MCS-4	GMSK	1,00	17,6kbit/s
MCS-5	8-PSK	0,37	22,4kbit/s
MCS-6	8-PSK	0,49	29,6kbit/s
MCS-7	8-PSK	0,76	44,8kbit/s
MCS-8	8-PSK	0,92	54,4kbit/s
MCS-9	8-PSK	1,00	59,2kbit/s

Tabelle 14 EGPRS Modulations- und Kodierungsschemata

Theoretisch ließe sich mit MCS-9 und mit 8 Zeitschlitzten eine Datenrate von 473,6kbit/s erreichen. Mit MCS-8 und 7 Zeitschlitzten lassen sich 384kbit/s erreichen, die auch von UMTS im Outdoorbereich der Mikrozellen angeboten wird. Dabei ist zu beachten, dass das Kodierungsverhältnis auch die Datensicherheit bei der Funkübertragung angibt, da es das Verhältnis von kanalkodierter Übertragungsrate und Nutzrate vor der Kanalkodierung beschreibt. Je kleiner das Kodierungsverhältnis, umso sicherer erfolgt die Übertragung, da in diesem Fall auch mehr redundante Bits dem Nutzsignal durch Kanalkodierung zugefügt wurden und damit das Nutzsignal besser vor Störungen geschützt ist.

4.3 Burst-Struktur

(19) EGPRS bzw. ECSD entsprechen der GPRS-Übertragungstechnik, wobei jedoch für die Hochfrequenzmodulation das effizientere 8PSK-Modulationsverfahren verwendet wird. Dadurch lassen sich mit jedem übertragenen Impuls gleichzeitig 3 Bit übertragen, wodurch sich das Informations-Fassungsvermögen des Zeitschlitzes um den Faktor 3 vergrößert.

Beim Modulationsverfahren von GSM/GPRS konnten in einem Zeitschlitz von 577µs Dauer insgesamt 156,25 Bit übertragen werden, von denen nur 114 Bit mit Nutzdaten bzw. Signalisierungsdaten gefüllt werden können. Bei EDGE werden insgesamt 468,75 Bit übertragen wovon 346 Bit Nutzdaten bzw. Signalisierungsdaten sind.

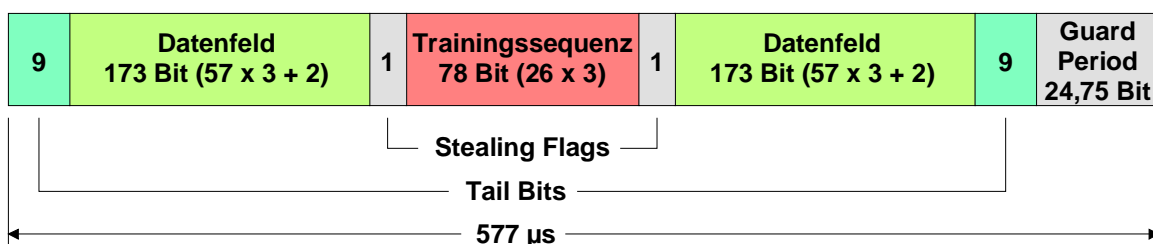


Bild 11 EDGE: Normal Burst mit 8PSK-Modulation

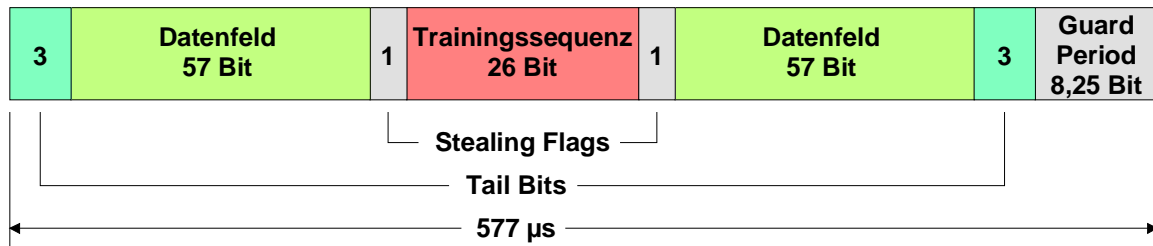


Bild 12 GSM: Normal Burst mit GMSK-Modulation

Anhand der Bilder 11 und 12 kann man erkennen, dass sich der Datenstrom verdreifacht hat. Da für die Stealingflags jeweils 1 Bit genügt, werden die durch 8PSK gewonnenen 2 Bit dem Datenfeld zur Verfügung gestellt, sodass jedes Datenfeld aus $3 \times 57\text{Bit} + 2\text{Bit}$ besteht:

- Trainingssequenz: $3 \times 26\text{Bit} = 78\text{Bit}$
- Datenfeld: $3 \times 57\text{Bit} + 2\text{Bit} = 173\text{Bit}$
- Tailbits: $3 \times 3\text{Bit} = 9\text{Bit}$
- Guard Period: $3 \times 8,25\text{Bit} = 24,75\text{Bit}$

Daher können im EGPRS-Normal-Burst maximal 346 Bit kanalkodierte Daten in jedem $577\mu\text{s}$ -Rahmen übertragen werden - das entspricht einer Bruttodatenrate von $74956,7\text{bit/s}$ (ca. 75kbit/s). Beim MCS9-Verfahren welches eine Nutzdatenrate von maximal $59,2\text{kbit/s}$ erlaubt wird die Differenz von $15,8\text{kb/s}$ für Prüfsummenbits und Signalisierungs-Informationen verwendet.

Stealingflags

Mit den Stealingflags in 4 aufeinander folgenden Radioblöcken wird analog zu GPRS angezeigt, um welchen Bereich des Modulations- und Kodierungsschemas es sich bei der Übertragung handelt.

Modulation & Coding Scheme		Radio Block #1		Radio Block #2		Radio Block #3		Radio Block #4	
		Flag 1	Flag 2	Flag 1	Flag 2	Flag 1	Flag 2	Flag 1	Flag 2
MCS 1	GMSK	0	0	0	1	0	1	1	0
MCS 2		0	0	0	1	0	1	1	0
MCS 3		0	0	0	1	0	1	1	0
MCS 4		0	0	0	1	0	1	1	0
MCS 5	8PSK	0	0	0	0	0	0	0	0
MCS 6		0	0	0	0	0	0	0	0
MCS 7		1	1	1	0	0	1	1	1
MCS 8		1	1	1	0	0	1	1	1
MCS 9		1	1	1	0	0	1	1	1

Tabelle 15EDGE: Anzeige des Modulations- und Kodierungsschemata durch die Stealingflags

5 HSDPA - High Speed Downlink Packet Access

(20) HSDPA - High Speed Downlink Packet Access – kann als Upgrade der UMTS-Datenübertragung bezeichnet werden. Daher wird in der Analogie zu 2,5G, wo es um einen technologischen Aufsatz für GSM-Netze durch HSCSD bzw. GPRS geht, HSDPA als die Mobilfunkgeneration 3,5 bezeichnet. Durch die Bezeichnung „High Speed Downlink Packet Access“ wird das Ziel dieser neuen Technik ausgedrückt, nämlich eine höhere Datengeschwindigkeit im Download – theoretisch bis zu 14,4Mbit/s. Die Erhöhung der Downlink-Bitrate wird durch den zusätzlichen Einsatz des MAC-hs-Protokolls (Medium Access Control - High Speed – Protokoll) möglich. Das MAC-hs-Protokoll kann nur in UMTS-Zellen nach Release 5, aber nicht in solchen nach Release 99 eingesetzt werden.

5.1 HSDPA und UMTS Release 5 bzw. Release 99

HSDPA ist ein technologischer Bereich, der im neuen UMTS-Release 5 berücksichtigt wird. Ein Release ist ein Technologieschub, der neue Features in eine bestehende Infrastruktur integriert. Die bisherige UMTS-Implementierung wurde unter der Bezeichnung Release 99 zusammengefasst. Im Release 5 werden neben HSDPA auch andere Features berücksichtigt. Der Einsatz von HSDPA ist für einen UMTS-Netzbetreiber nicht zwingend, da im UTRAN (Funknetzteil von UMTS) sowohl herkömmliche UMTS-Zellen als auch HSDPA-Zellen nebeneinander betrieben werden können.

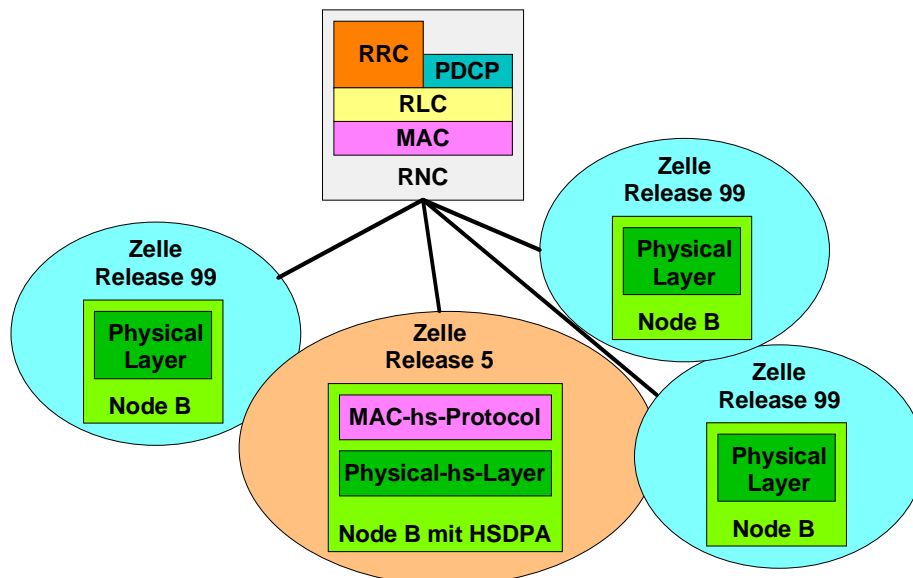


Bild 13 HSDPA - Auswirkungen auf das UTRAN

Da HSDPA vor allem für Ballungsgebiete interessant ist, ist es möglich Zellen zu bilden die sowohl UMTS- als auch HSDPA-Kanäle terminieren können wobei jedoch nicht alle Zellen (landesweit) mit HSDPA aufgerüstet werden müssen.

5.2 Funktionsmerkmale

Mehr Datengeschwindigkeit

HSDPA bietet zwar höhere Datengeschwindigkeiten, benötigt aber dazu HSDPA fähige Endgeräte. Die ersten am Markt erhältlichen Endgeräte werden im Downlink entweder bis zu 1,8Mbit/s bzw. bis zu 3,6Mbit/s übertragen können. Diese Spitzendatenrate kann nur dann erreicht werden, wenn die Funkübertragungsbedingungen sehr gut sind. Die Durchschnittsdatenrate wird bei etwa 900kbit/s liegen. Natürlich hängt auch diese Durchschnittsdatenrate davon ab, wie viele Endverbraucher in einer Zelle aktiv diesen Dienst konsumieren.

Datenraten bis zu 14,4Mbit/s lassen sich mit dem klassischen Rake-Receiver vorab nicht erreichen, dafür sind sog. "Advanced Receiver" erforderlich, der derzeit jedoch noch in Erprobung sind.

Latenzzeiten - Wartezeiten

Bei Mobilfunknetzen kommt es z.B. durch Fast Fading Effekte sehr oft zu Kanaleinbrüchen. Ein Kanaleinbruch (Schwundloch) bedingt, dass der Empfänger ein Datenpaket fehlerhaft empfängt, sodass es vom Funknetzteil ein zweites Mal übertragen werden muss - es entsteht eine Art Flaschenhals für das TCP-Protokoll wodurch die Latenzzeiten bei Mobilfunknetzen eher hoch sind. Das TCP-Protokoll welches für Festnetz-Datenanbindungen⁴ konzipiert wurde regelt die Paketübertragung entsprechend zurück, wenn es z.B. durch einen Datenstau zu Kanalqualitätsschwankungen kommt um den Kanalbedingungen gerecht zu werden. Verbessert sich die Kanalqualität, regelt sich TCP nur sehr langsam und träge wieder bis zur Maximalgeschwindigkeit hinauf.

Durch den Einsatz neuer Mechanismen, welche die schwankende Funkkanalqualität mildern, verringert sich die Latenzzeit bei einem HSDPA-Funkkanal auf etwa 100ms⁵. Das ist prozentuell gesehen eine enorme Verbesserung und bringt HSDPA einen guten Schritt näher in Richtung „Festnetzqualität“ bei Mobilfunkdiensten.

Bessere Kapazitäts-Ausnutzung der UMTS-Frequenzen

Durch ein ausgeklügeltes Management ist es HSDPA möglich eine Funkzelle bis zu ihrer Kapazitätsgrenze dauerhaft auszunutzen, was bei Paketdatendiensten über Rel.99-Kanäle nicht möglich ist, da die Leistungsreserven und die damit verbundene Kapazität eines Node B nicht zufrieden stellend ausgenutzt werden können. Die Ursache liegt darin, dass bei Rel. 99 Paketdatendienste nicht über den DSCH-Kanal (Downlink Shared CHannel) durchgeführt werden, sondern in den meisten Fällen über einen DCH (Dedicated CHannel), dessen Übertragungscharakteristik eher leitungsorientierten Diensten entspricht.

⁴ Da es im Festnetz keine Kanalqualitätsschwankungen gibt bleibt die Qualität während einer Übertragung gleich.

⁵ Bei UMTS liegt die durchschnittliche Latenzzeit zwischen 200ms und 300ms, bei GPRS bei etwa 700ms.

5.3 Funkkanäle

(21) Der wichtigste Kanal bei HSDPA ist der neue HS-DSCH (Transportkanal - High Speed Downlink Shared CHannel) bzw. der HS-PDSCH (phys. Kanal - High Speed Physical Downlink Shared CHannel). Über diesen Kanal werden die Nutzdaten, wie z.B. Internetdaten für den Browser, übertragen. Zur primären Steuerung dieses Nutzkanals gibt es bei HSDPA auch den neuen HS-SCCH (High Speed Shared Control CHannel). UMTS-spezifisch gibt es für diesen Shared-Channelbetrieb eigene assoziierte "zugewiesene Kanäle" - also Dedicated CHannels. Im Uplink gibt es als Rückkanal den HS-DPCCH (High Speed Dedicated Physical Control CHannel) und im Downlink den DPCH (Dedicated Physical CHannel).

Adaptives Modulations und Kodierungsverfahren - AMC

Um zu höheren Datenraten gelangen zu können verwendet HSDPA ein "datenschnelleres" Modulationsverfahren. Je nach Kanalqualitäten kann zwischen dem klassischen UMTS-Modulationsverfahren (4PSK) und dem neuen 16QAM-Modulationsverfahren gewechselt werden. Ist die Kanalqualität sehr gut, wird das 16QAM-Verfahren verwendet, das gegenüber dem klassischen UMTS-Verfahren die doppelte Datenrate ermöglicht.

MAC-hs-Protokoll (Medium Access Control - High Speed - Protokoll)

Für die relativ hohen Latenzzeiten von UMTS-Rel.99-Datendiensten ist im Wesentlichen die zentralistische Architektur des Rel.99-UTRANs verantwortlich, da ein zentraler Knotenpunkt, (RNC) ein relativ großes Funknetzgebiet, das Radio Network Subsystem steuert. Typischer Weise sind an einen RNC etwa 200 Node Bs angeschlossen - dieser Zahlenwert kann variieren und hängt sowohl von der Hardware des Herstellers als auch von der Topologie ab. Der "zentrale" RNC muss für all "seine" Zellen Steuerungsaufgaben durchführen wozu auch die auch Aufgabe des Acknowledged Mode bei Datendiensten gehört. Für dieses Verfahren ist die RLC-Protokollschicht im zentralen RNC verantwortlich. Im AM-Modus werden Datenpakete im Falle der Downlink-Übertragung vom RNC in einem Buffer gespeichert und an den Node B weitergeleitet; der das Datenpaket per Funk in die Zelle senden damit es vom Mobilendgerät empfangen werden kann. Wird das Datenpaket fehlerfrei empfangen, erhält der RNC eine positive Quittung und kann das in seinem Buffer gespeicherte Datenpaket verwerfen. Bei einem Empfangsfehler erhält der RNC eine negative Quittung und muss das in seinem Buffer gespeicherte Datenpaket nochmals übertragen.

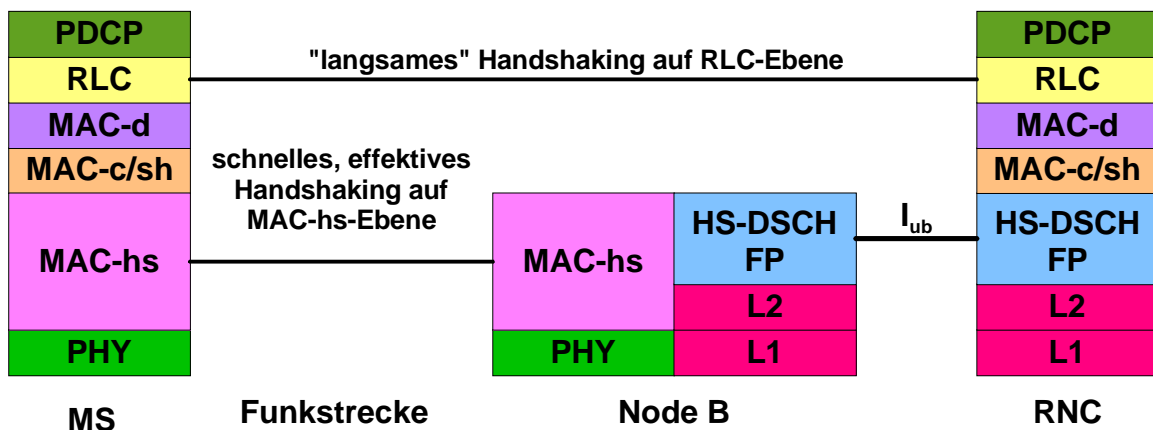


Bild 14 HSDPA: MAC-hs-Protokoll im UTRAN Release 5

Unter der Annahme, dass an einen RNC 200 Node B angeschlossen sind und an jeden Node B drei Zellen, so verwaltet der RNC 600 Zellen. Sind in einem Ballungsgebiet z.B. fünf Datenverbindungen pro Zelle aktiv, so bedeutet das, dass der RNC 3000 Datenverbindungen zu betreuen hat. Die Reaktionszeit auf ein fehlerbehaftetes, nicht korrigierbares Datenpaket beim Empfänger ist daher beträchtlich und der Datenfluss leidet stark darunter. Bei HSDPA fügt das neue funkspezifische MAC-hs-Protokoll (Medium Access Control - High Speed - Protokoll) eine neue zusätzliche Protokollschicht mit einem eigenen "Handshaking"-Mechanismus ein. Durch seine Implementierung in den Node B wird das Handshaking in die Zelle verschoben, d.h. dezentralisiert, und die Reaktionszeit für den Handshaking-Regelkreis stark verkürzt.

Short Transmission Time Interval - STTI

(22) Der Begriff TTI ist eine Kenngröße für die UMTS-Transportkanäle und kann eine Zeitdauer von 10ms, 20ms, 40ms oder 80ms haben. 10ms ist die kürzeste Zeitdauer des TTI und entspricht der Zeitlänge eines UMTS-Funkzeitrahmens, ein TTI von 80ms entspricht daher insgesamt 8 Funkzeitrahmen. Ein UMTS-Funkzeitrahmen hat eine Zeitdauer von 10ms und besteht aus 15 Zeitschlitzten - also 15 zeitlichen Unterabschnitten

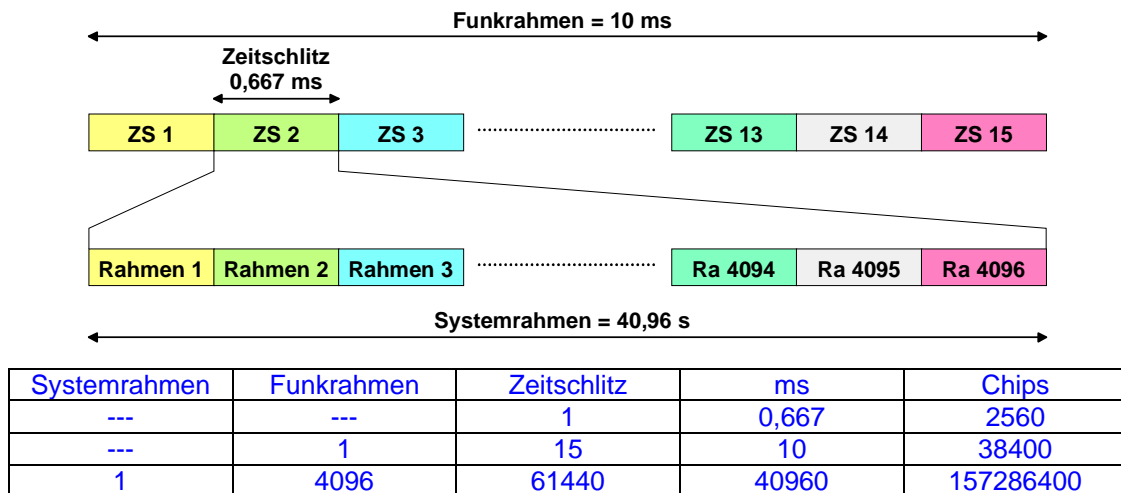


Bild 15 HSDPA: Aufbau eines Funkzeitrahmens

- UMTS unterstützt auf seinen 5MHz-Frequenzbändern eine Chiprate bzw. Symbolrate von 3,84 Megachip/s (bzw. 3,84 Msymb./s), also 3.840.000 Chips pro Sekunde.
- Das bedeutet, dass in einen Zeitrahmen von 10ms 38.400 Chips hineinpassen.
- Für einen Zeitschlitz von 0,667ms Dauer ergibt das 2560 Chips ($38.400 / 15 = 2560$)

Für HSDPA wurde eine neue Zeitrahmengröße eingeführt: das STTI. Das STTI ist gegenüber dem Funkzeitrahmen auf ein Fünftel reduziert worden und hat daher nur noch eine Zeitdauer von 2ms und besteht nur noch aus 3 Zeitschlitzten à 2560 Chips.

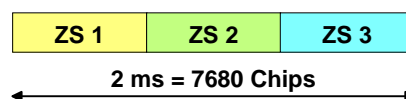


Bild 16 HSDPA: STTI mit 3 Zeitschlitzten

Die Vorteile des STTI liegen in der Einführung eines neuen Regelkreises für den Acknowledged Mode der auf der Zeitgröße von 2ms (STTI) basiert wodurch die Verzögerungen im Datenfluss wesentlich verkleinert werden können. Irreparable Fehler durch Schwundlöcher wirken sich also nur noch auf eine Zeitdauer von 2ms aus. Außerdem werden bei HSDPA die fehlerbehaftet empfangenen Datenpakete nicht verworfen sondern im Empfänger aufgehoben.

ben, um sie mit den neu übertragenen Daten kombinieren zu können. Dieser Umstand verbessert die Effizienz des Regelkreises nochmals.

UMTS Rel. 99 verwendet im gepaarten Betrieb (UTRA-FDD) an der Funkschnittstelle nur CDMA als Multiplextechnik. Jeder einzelne Subkanal bekommt einen eigenen Code, mit dem er sich von anderen Informationssignalen unterscheidet.

Bei HSDPA - also ab UMTS-Rel. 5 - wird zusätzlich ein Zeitmultiplexverfahren (TDMA) verwendet. Beim Zeitmultiplexverfahren wird die Zeitachse in gleiche Zeitbereiche unterteilt und jedem Endverbraucher wird ein gewisser Zeitbereich zugeordnet, in dem er einen HSDPA-Kanal nutzen darf. Dieser Zeitbereich entspricht genau der Zeitdauer eines STTI von 2ms. Innerhalb eines jeden STTI von 2ms können bis zu 15 Codekanäle mit dem Spreizfaktor 16 vergeben werden.

HSDPA sieht vor, dass pro STTI maximal 4 verschiedene Endgeräte mit Daten beliefert werden. Jedem Endgerät können mehrere Codekanäle parallel zugeordnet werden, wodurch sich die Datenrate vergrößern lässt.

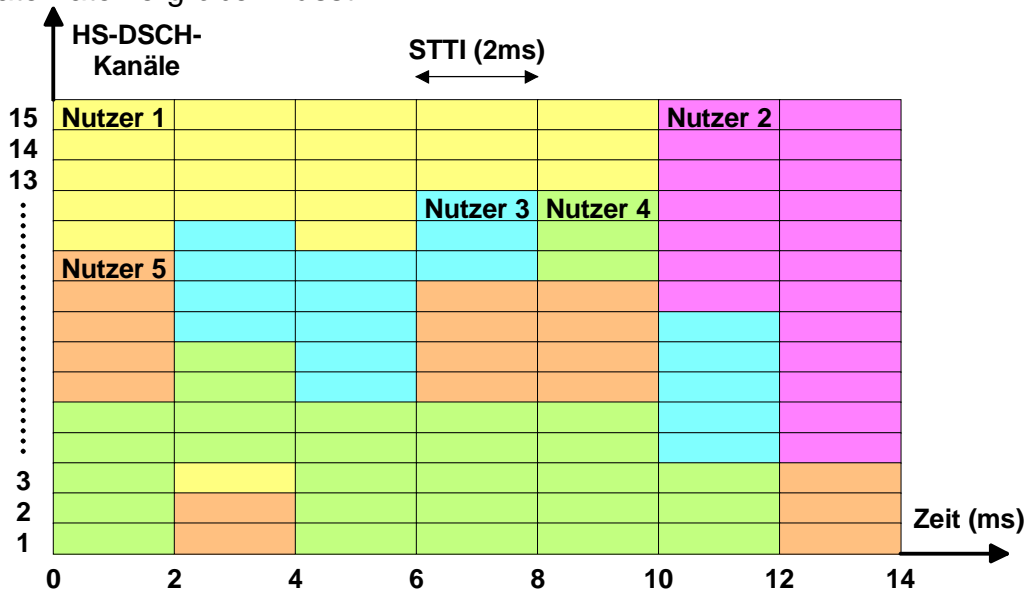


Bild 17 HSDPA Multiplexschema

6 Kontrollfragen

1. Welche grundsätzlichen Eigenschaften besitzt HSCSD?
2. Welche Geschwindigkeiten können bei HSCSD durch die Kanalbündelung erreicht werden?
3. Welche Vorteile nutzt die GPRS-Technik und welche theoretischen Bitraten lassen sich dadurch erreichen?
4. Welche Dienstkategorien sind bei GPRS vorgesehen?
5. Um welche Netzelemente muss die GSM Netzarchitektur für GPRS erweitert werden?
6. Nennen und beschreiben Sie die Merkmale des Air Interfaces.
7. Beschreiben Sie das Prinzip der GPRS-Rahmenstruktur.
8. Beschreiben Sie die Aufgaben des SGSN.
9. Beschreiben Sie die Aufgaben des GGSN.
10. Welche GPRS Schnittstellen kennen Sie und wo werden sie eingesetzt?
11. Beschreiben Sie das Prinzip der Wegewahl.
12. Wie erfolgt die Verwaltung der Aufenthaltsbereiche?
13. Beschreiben Sie die Merkmale der Bitübertragungsschicht.
14. Beschreiben Sie die Merkmale der Sicherungsschicht.
15. Beschreiben Sie die Merkmale der Logical Link Control – Teilschicht.
16. Beschreiben Sie das logische Kanalkonzept.
17. Welches Modulationsverfahren verwendet EDGE und wie ist seine prinzipielle Funktion?
18. Wie viele Codierungsschemate sind in EDGE vorgesehen und welche Geschwindigkeiten können damit erreicht werden?
19. Woraus besteht ein EDGE-Burst?
20. Was verstehen Sie unter HSPDA und wofür wird es eingesetzt?
21. Welche neuen Funkkanäle und welche Modulationsverfahren werden bei HSDPA eingesetzt?
22. Beschreiben Sie den Begriff STTI.

7 Bilder und Tabellen

Bild 1	Entwicklung der mobilen Datenübertragungstechnik.....	3
Bild 2	HSCSD: Prinzip der Kanalbündelung	5
Bild 3	GSM/GPRS Netzarchitektur	12
Bild 4	GPRS Multirahmenzyklus auf dem Downlink	15
Bild 5	GPRS Schnittstellen und Referenzpunkte	17
Bild 6	GPRS Zustandsmodell der Mobilitätsverwaltung.....	18
Bild 7	GPRS Protokollarchitektur.....	19
Bild 8	EDGE: Zeigerdiagramm für das 8-PSK-Verfahren	23
Bild 9	EDGE: Modulationsprinzip.....	24
Bild 10	EDGE: Demodulationsprinzip	24
Bild 11	EDGE: Normal Burst mit 8PSK-Modulation	25
Bild 12	GSM: Normal Burst mit GMSK-Modulation.....	26
Bild 13	HSDPA - Auswirkungen auf das UTRAN.....	27
Bild 14	HSDPA: MAC-hs-Protokoll im UTRAN Release 5.....	29
Bild 15	HSDPA: Aufbau eines Funkzeitrahmens.....	30
Bild 16	HSDPA: STTI mit 3 Zeitschlitzten.....	30
Bild 17	HSDPA Multiplexschema.....	31
Tabelle 1	Vergleich der Kanalcodierungsverfahren.....	4
Tabelle 2	HSCSD Datengeschwindigkeiten	5
Tabelle 3	GPRS: Beziehung zwischen Diensttyp und Dienstbenutzer	8
Tabelle 4	GPRS Verzögerungsklassen	8
Tabelle 5	GPRS Dringlichkeitsklassen	9
Tabelle 6	GPRS Verlässlichkeitsklassen.....	9
Tabelle 7	GPRS Spitzendurchsatzklasse	10
Tabelle 8	GPRS Durchschnitts-Durchsatzklassen	10
Tabelle 9	GPRS Datenraten (reine Nutzdaten)	14
Tabelle 10	GPRS Datenraten mit Kontrolldaten	14
Tabelle 11	GPRS-Kontext	18
Tabelle 12	GPRS: logische Paketdatenkanäle beim Master-Slave-Konzept.....	22
Tabelle 13	EDGE: Zuordnung der Bitgruppen zu den Symbolen	24
Tabelle 14	EGPRS Modulations- und Kodierungsschemata	25
Tabelle 15	EDGE: Anzeige des Modulations- und Kodierungsschemata durch die Stealingflags	26

8 Abkürzungen

ARQ.....	Automatic Repeat Request
BCCH.....	Broadcast Control Channel
BG	Border Gateways
BSC	Base Station Controller
BS.....	Basisstation
BSS	Base Station Subsystem
BSSGP	Base Station Subsystem GPRS Application Protocol
BTS.....	Base Transceiver Stations
CLNP	Connectionless Network Protocol
CLNS	Connectionless Network Service
CONS	Connection Oriented Network Service
CS.....	Coding-Schemes
CSD	Circuit Switched Data
DCH.....	Dedicated Channel
DSCH.....	Downlink Shared Channel
ECSD.....	Enhanced Circuit Switched Data
EDGE.....	Enhanced Data Rates for GSM Evolution
EFR	Enhanced Full Rate
EGPRS	Enhanced GPRS
FEC	Forward Error Correction
GERAN	GSM EDGE Radio Network – Sammelbezeichnung für Mobilfunknetze mit GSM, GPRS und EDGE Technologie
GGSN	Gateway GPRS Support Node
GMM/SM.....	GPRS Mobility Management and Session Management
GPRS.....	General Packet Radio Service
GR	GPRS Register
GSM	Global System for Mobile Communication
GSN.....	GPRS Support Node
HLR	Home Location Register
HSCSD	High Speed Circuit Switched Data
HSDPA	High Speed Downlink Packet Access
HS-DSCG FP.....	High Speed Data Channel Frame Processor
HSPSD	High Speed Packet Switched Data
IHOSS.....	Internet Hosted Octet Stream Service
IP	Internet Protocol
LAPD	Link Access Procedure for the D-Channel
LLC	Link Layer Control Schicht, Logical Link Control
MAC.....	Media Access Control
MAC-c/sh.....	Media Access Control for Common and Shared Channels
MAC-d.....	Media Access Control for Data Channels
MS	Mobile Station
NSS	GSM-Network Switching Subsystem
PACCH	Packet Associated Control Channels
PAGCH	Packet Access Grant Channel
PBCCH	Packet Broadcast Control Channel
PCU.....	Packet Control Unit
PDCH.....	Packet Data Channel
PDN.....	Packet Data Network

PDP	Packet Data Protocol
PDU	Packet Data Unit
PLL	Physical Link Layer
PLMN.....	Public Land Mobile Network – Mobilnetz
PLS.....	Physical Layer Signalling
PPCH.....	Packet Paging Channel
PPP	Point to Point Protocol
PRACH	Packet Random Access Channel
PSK	Phase Shift Keying
PTCH.....	Packet Traffic Channels
PTM.....	Punkt-zu-Mehrpunkt - Point-to-Multipoint
PTM-M.....	Multicast-Mehrpunkt-kommunikation
PTP.....	Punkt-zu- Punkt - Point-to-Point
QoS	Quality of Service
RA.....	Random Access
RF	Radio Frequency
RLC	Radio Link Control
RNC.....	Radio Network Controller
RRC.....	Radio Resource Control
SGSN.....	Serving GPRS Support Node
SMS.....	Short Message Service
SNDCP	Subnetwork Dependent Convergence Protocol
SPDCH	Slave Packet Data Channel
STTI.....	Short Transmission Time Intervall
TCE	Transcoding Equipment
TDMA.....	Time Division Multiple Access
TLLI	Temporary Logical Link Identity
UMTS.....	Universal Mobile Telecommunications System
USF	Uplink State Flag
WAP	Wireless Application Protocol
WCDMA.....	Wide Code Division Multiple Access

9 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

www.umtslink.at