

2

GPRS und EDGE

Mitte der 80'er Jahre war die Sprachübertragung die wichtigste Anwendung für drahtgebundene und mobile Netzwerke. Aus diesem Grund wurde das GSM Netz auch hauptsächlich für die Sprachübertragung konzipiert und optimiert. Seit Mitte der 90'er Jahre spielt jedoch das Internet und somit die Datenübertragung eine immer größere Rolle. GPRS, der General Packet Radio Service, erweitert den GSM Standard für eine effiziente Datenübertragung und ermöglicht somit mobilen Geräten den Zugriff auf das Internet. Im ersten Teil dieses Kapitels werden die Vor- und Nachteile von GPRS gegenüber der GSM Datenübertragung und der Datenübertragung in drahtgebundenen Netzen erläutert. Teil zwei des Kapitels beschreibt dann, wie diese Datenübertragungstechnik standardisiert und in der Praxis implementiert wurde.

2.1

Leitungsvermittelte Datenübertragung

Da das GSM Netzwerk ursprünglich als leitungsvermittelndes Netzwerk konzipiert wurde, wird für eine herkömmliche Sprach- oder Datenverbindung zwischen zwei Teilnehmern ein exklusiver Kanal geschaltet. Dieser kann während der Verbindung nur von den zwei miteinander verbundenen Teilnehmern verwendet werden.

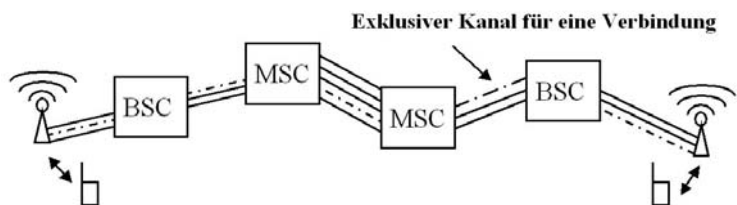


Abb. 2.1: Exklusive Verbindung bei der Leitungsvermittlung

*Exklusive
Verbindung*

Dieser exklusive Kanal hat eine konstante Bandbreite und eine konstante Verzögerungszeit. Für den Anwender hat dies eine Reihe von Vorteilen:

<i>Kein Overhead</i>	Nach Aufbau der Verbindung können Daten in beide Richtungen ohne weitere Signalisierungsinformationen für das Weiterleiten der Daten (Routing) gesendet werden. Da die Verbindung fest geschaltet ist, leitet jede Komponente im Netzwerk die Daten über den für die Verbindung reservierten Kanal transparent an die nächste Komponente weiter.
<i>Konstante Bandbreite</i>	Der zugeteilte Kanal hat eine konstante Bandbreite, die Geschwindigkeit der Datenübertragung variiert also nicht. Dies ist besonders für die Sprachdatenübertragung wichtig, da hier die Daten nicht in Netzwerkelementen zwischengepuffert werden sollten oder gar in Überlastsituationen verworfen werden dürfen.
<i>Konstante Verzögerungszeit</i>	Eine weitere wichtige Eigenschaft einer leitungsvermittelten Verbindung für die Sprachübertragung ist die konstante Verzögerungszeit. Die Verzögerungszeit ist dabei die Zeit zwischen dem Senden und Empfangen eines Bits oder eines Datenblocks. Ohne eine konstante Verzögerungszeit müsste beim Empfänger ein Empfangspuffer vorhanden sein, der die schwankenden Verzögerungszeiten ausgleicht. Dies ist vor allem für Sprache sehr unerwünscht, da diese so schnell wie möglich am anderen Ende empfangen und wiedergegeben werden soll. Während die Leitungsvermittlung ideal für die Sprachübertragung geeignet ist, gibt es jedoch einen großen Nachteil für die Datenübertragung mit variablen Übertragungsraten:
<i>Keine Flexibilität</i>	Das Webbrowsern im Internet ist eine typische Datenanwendung mit variablen Übertragungsraten. Während der Anforderung einer Webseite sollte dem Anwender eine möglichst große Bandbreite zur Verfügung stehen, um die Webseite möglichst schnell zu empfangen. Während des anschließenden Lesens der Webseite werden dann für einige Zeit keine Daten übertragen. Da bei einer leitungsvermittelten Verbindung die Bandbreite weder erhöht noch während des Lesens wieder freigegeben werden kann, ist die Leitungsvermittlung für diese Art der Datenübertragung nicht ideal geeignet. Vor allem die ungenutzte Bandbreite während des Lesens der Webseite ist für ein Mobilfunknetzwerk problematisch, da auf der Luftschnittstelle die Übertragungskapazität sehr begrenzt ist.

2.2

Paketorientierte Datenübertragung

Freigabe von Ressourcen

Für Anwendungen wie dem Webbrowsern ist es viel effizienter, wenn der Übertragungskanal nur während der eigentlichen Übertragung der Daten für einen Teilnehmer verwendet wird und danach wieder für andere freigegeben wird. Um dies zu errei-

chen, wird bei der paketorientierten Datenübertragung der Übertragungskanal nicht mehr in kleinere Kanäle für einzelne Benutzer aufgeteilt und fest zugeordnet. Stattdessen werden die Daten der unterschiedlichen Benutzer in Datenpaketen nacheinander über den Übertragungskanal gesendet. Zwar kann zu einer Zeit nur ein Teilnehmer senden oder empfangen, die Datenpakete werden dafür aber schneller übertragen, da die Bandbreite des gesamten Übertragungskanals zur Verfügung steht. Da bei dieser Übertragung nicht Leitungen vermittelt werden, sondern einzelne Pakete, wird diese Art der Datenübertragung Paketvermittlung oder Packet Switching genannt.

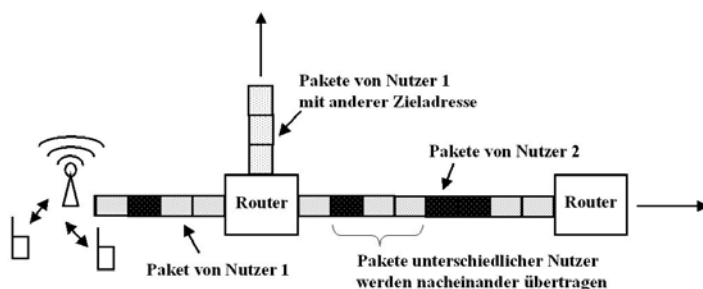


Abb. 2.2: Paketorientierte Datenübertragung

Pakete mit Quell- und Zieladresse

Da es bei der Paketvermittlung keine festen Kanäle gibt, muss jedes Paket eine Information über Absender (Source) und Empfänger (Destination) enthalten. Die Empfängeradresse, auch Zieladresse genannt, wird dann innerhalb des Netzwerkes für die Weiterleitung der Datenpakete an den richtigen Empfänger verwendet. Auf diese Weise wird z.B. auch eine Webseite im Internet übertragen. Die Webseite wird dazu vom Webserver (Sender) in mehrere IP Pakete aufgeteilt und danach zum Webbrowser (Empfänger) übertragen.

N:N Verbindungen möglich

Die paketorientierte Übertragung hat außerdem den Vorteil, dass ein Webbrowser auch Webseiten von verschiedenen Servern empfangen kann, ohne dafür wie bei der Leitungsvermittlung mehrere physikalische Verbindungen (Leitungen) explizit nacheinander aufzubauen.

GPRS für die mobile Paketvermittlung

Um die Paketdatenübertragung auch in GSM Netzwerken zu ermöglichen, wurde der General Packet Radio Service (GPRS) entwickelt. Dabei wurde besonderen Wert darauf gelegt, dass für GPRS keine neuen Basisstationen (BTS'en) notwendig sind.

Dies war eine wichtige Voraussetzung, um die paketorientierte Übertragung kostengünstig in bereits existierenden Netzwerken einzuführen.

GPRS bietet durch seinen paketorientierten Ansatz für mobile Applikationen mit dynamischer Bandbreitennutzung außerdem folgende Vorteile gegenüber der Leitungsvermittlung:

*Höhere
Datenraten*

Flexible Zuteilung der Bandbreite auf der Luftschnittstelle: Da mehr als nur ein Zeitschlitz pro Teilnehmer zugeteilt werden kann, übertrifft die GPRS Übertragungsgeschwindigkeit die eines leitungsvermittelten Kanals von 9.6 oder 14.4 kbit/s bei weitem. GPRS bietet eine Übertragungsgeschwindigkeit von theoretisch 170 kbit/s, in der Praxis werden Geschwindigkeiten von etwa 50 kbit/s erreicht. Dies entspricht etwa der Geschwindigkeit eines Festnetzmodems.

Mit EDGE (Enhanced Data Rates for GSM Evolution), das den GPRS Standard unter anderem um eine neue Modulationsart erweitert, kann in der Praxis die Übertragungsgeschwindigkeit auf bis zu 230 kbit/s gesteigert werden. Da EDGE auch Neuerungen für den leitungsvermittelten Teil des Netzwerkes bringt, werden die GPRS Erweiterungen als EGPRS bezeichnet. Im täglichen Umgang dominiert jedoch die Abkürzung EDGE.

Während GPRS heute flächendeckend verfügbar ist, wird EDGE wegen des parallelen UMTS Ausbaus nicht von allen Netzbetreibern nachgerüstet. Somit ist EDGE (EGPRS) nicht in jedem Land und bei jedem Netzbetreiber verfügbar, der GPRS anbietet.

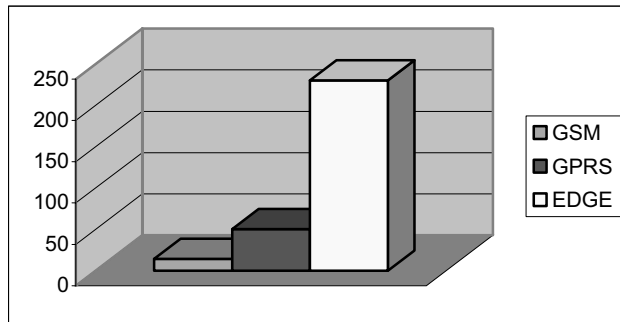


Abb. 2.3: Geschwindigkeit von GSM, GPRS und EDGE in kbit/s

Abrechnung nach Volumen

Bei GPRS kann nach Datenvolumen statt Onlinezeit abgerechnet werden. Großer Vorteil hierbei ist, dass z.B. beim Websurfen „nur“ für das übertragene Datenvolumen bezahlt werden muss und nicht für die Zeit, in der die Webseite gelesen wird. Da während des Lesens keine Daten übertragen werden, kann die frei gewordene Bandbreite für andere Nutzer verwendet werden. Dies ist bei der Leitungsvermittlung grundsätzlich nicht möglich.

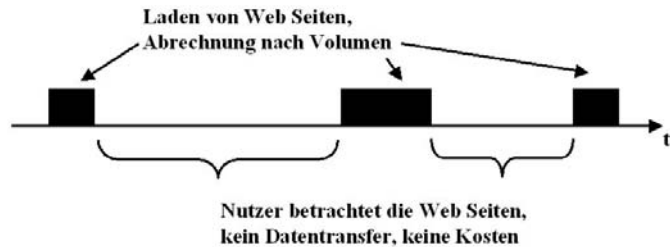


Abb. 2.4: Abrechnung nach Volumen und nicht nach Onlinezeit

Schnellerer Verbindungsaufbau

GPRS reduziert die Zeit für die Interneteinwahl erheblich. Während eine GSM leitungsvermittelte Internetverbindung ähnlich einer analogen Modemverbindung im Festnetz bis zu 20 Sekunden für den Verbindungsaufbau benötigt, kann eine GPRS Verbindung in weniger als 5 Sekunden aufgebaut werden. Dies ist vor allem ein großer Vorteil, wenn ein Nutzer möglichst schnell z.B. über den im Endgerät eingebauten WAP Browser die neuesten Nachrichten abrufen möchte.

Always On

Da der Benutzer nicht für die Zeit bezahlt, in der keine Daten übertragen werden, muss die Internetverbindung auch bei langen Übertragungspausen nicht abgebaut werden. Dieser „Always On“ Modus ermöglicht viele neue Anwendungen wie z.B. eMail-Programme, die automatisch neue eMail-Nachrichten empfangen oder Mobile Messaging Clients wie den Yahoo- oder MSN Messenger, die ständig auf neue Nachrichten warten können.

Keine Verbindungsabbrüche

Während einer Zug- oder Autofahrt kommt es häufig zu schlechtem Empfang oder sogar zu Empfangsverlust. In solchen Fällen brechen leitungsvermittelte Internetverbindungen ab und müssen vom Anwender erneut aufgebaut werden. GPRS Verbindungen dagegen werden bei Empfangsverlust nicht abgebrochen, da die logische Verbindung unabhängig von der Verfügbarkeit der physikalischen Verbindung weiterhin besteht. Wurden bei Emp-

fangsverlust gerade Daten übertragen, kann der Transfer sofort wieder aufgenommen werden, sobald das Endgerät eine neue Zelle des Netzwerks entdeckt. Da jedoch beim Webbrowsern die meiste Zeit für das Lesen der Webseiten verwendet wird und somit die meiste Zeit keine Daten übertragen werden, bemerkt ein Anwender einem Empfangsverlust oft gar nicht. Während leitungsvermittelte Datenverbindungen in Zügen oder Autos aufgrund der ständigen Verbindungsabbrüche in der Praxis nicht nutzbar sind, zeigt GPRS hier eine seiner größten Stärken, da es das mobile Internet in solchen Umgebungen erst ermöglicht.

2.2.1 GPRS und das IP Protokoll

GPRS wurde ursprünglich für die Übertragung von verschiedenen paketorientierten Protokollen entworfen. Mit dem großen Erfolg des Internets, das ausschließlich auf dem paketorientierten Internet Protokoll (IP) basiert, ist IP auch das einzige Protokoll, das GPRS heute unterstützt. Deshalb werden Begriffe wie „Nutzdatenübertragung“, „paketorientierte Datenübertragung“ oder „packet swichting“ in diesem Kapitel als Synonyme für „Übertragung von IP Paketen“ verwendet.

2.2.2 GPRS im Vergleich zur Datenübertragung im Festnetz

Hobe Übertragungskosten für GPRS

Trotz Kosteneinsparungen für den Benutzer, die durch die Freigabe nicht benötigter Ressourcen auf der Luftschnittstelle erreicht werden, ist die Datenübertragung per GPRS und EDGE noch immer um ein vielfaches teurer als die Datenübertragung im Festnetz. Durch den Einzug von EDGE und UMTS ist jedoch zu beobachten, dass aufgrund der schnelleren Datenraten und der ständig fallenden Kosten für Übertragungstrecken auch die Datenratenübertragung per Funk zunehmend billiger wird.

Webseiten für mobile Geräte

Erfreulicherweise bieten viele Websites ihre Informationen heute auch in einem PDA freundlichen Format an. Da die Displaygröße eines PDAs wesentlich kleiner als ein PC Display ist, sind diese Webseiten auch wesentlich kleiner und kompakter. Dies bedeutet, dass auch das Datenvolumen der Seiten und der darin enthaltenen Bilder deutlich reduziert ist und somit die höheren Übertragungskosten etwas ausgleichen werden. Da Webseiten für PDAs ganz normale HTML Seiten sind, können sie auch mit einem Webbrowser eines Notebooks gelesen werden. Somit ist es möglich, auch mit größeren Endgeräten mobil im Internet zu einem erträglichen Preis zu browsen.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass GPRS und EDGE aus Kosten- und Geschwindigkeitsgründen ähnlich schnelle Festnetztechnologien wie Modems oder ISDN nicht verdrängen können. Für ‚klassische‘ Internetapplikationen wie Webbrowsen oder eMail sind GPRS und EDGE jedoch ideale Technologien, wenn keine Festnetzverbindung unterwegs zur Verfügung steht. Neben der Übertragung ‚klassischer‘ Internetapplikationen in die mobile Welt bildet GPRS auch die Grundlage für völlig neue Anwendungen wie mobile Messaging Clients etc., die durch die ‚Always On‘ Funktionalität erst möglich werden.

2.3 GPRS auf der Luftschnittstelle

Nach einem Überblick im letzten Abschnitt über die grundsätzliche Funktionsweise von GPRS zeigt dieser Abschnitt nun, welche Verfahren die paketdatenorientierte Datenübertragung über die Luftschnittstelle des GSM Mobilfunknetzwerkes ermöglichen.

2.3.1 GPRS Timeslot Nutzung im Vergleich zu GSM

PDTCH vs. TCH

Wie im ersten Kapitel gezeigt wurde, verwendet GSM Zeitschlitz (Timeslots) auf der Luftschnittstelle für die Kommunikation mit mehreren Teilnehmern. Während einer leitungsvermittelten Verbindung bekommt ein Teilnehmer einen logischen Traffic Channel (TCH) fest zugeteilt, der auf einem physikalischen Timeslot übertragen wird. Dieser kann nicht für andere Teilnehmer verwendet werden, auch wenn darauf für eine gewisse Zeit keine Daten übertragen werden.

Ressourcenzuteilung

GPRS ist bei der Zuteilung der physikalischen Ressourcen sehr viel flexibler. Die kleinste physikalische Ressource, die bei GPRS einem Teilnehmer zugeteilt werden kann ist ein Block, der aus 4 Bursts eines Packet Data Traffic Channel (PDTCH) besteht. Ein logischer PDTCH ist dem logischen TCH sehr ähnlich, da auch er auf einem physikalischen Timeslot übertragen wird. Möchte ein Teilnehmer weitere Daten übertragen, kann das Netzwerk auch die nachfolgenden Blocks des PDTCH dem Teilnehmer zuweisen. Die nachfolgenden Blocks können aber auch an andere Teilnehmer vergeben oder für Kontrollinformationen verwendet werden. Abbildung 2.5 zeigt auf der linken Seite, wie die Blocks eines PDTCH unterschiedlichen Teilnehmern dynamisch zugewiesen werden können. Die Darstellungsweise entspricht dabei dem Prinzip aus Abbildung 1.23.

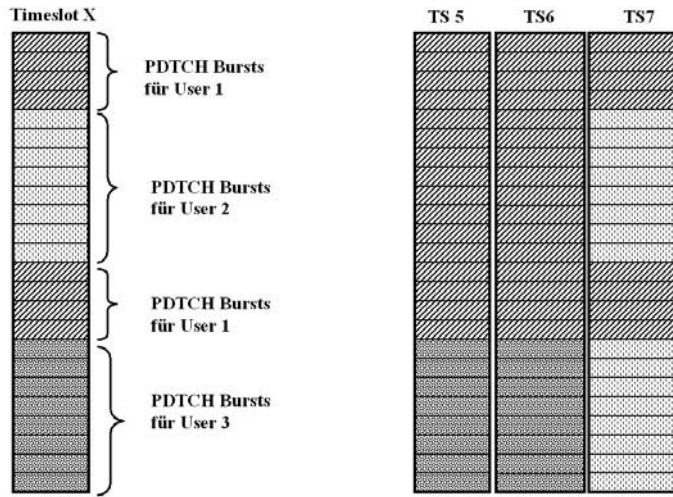


Abb. 2.5: PDTCH Vergabe und Timeslot Aggregation

*GPRS
52 Multiframe*

GPRS verwendet ähnlich wie GSM eine Rahmenstruktur für die Anordnung der Frames. Statt jedoch 26 bzw. 51 Frames zu einem Multiframe zu gruppieren, werden bei GPRS 52 Frames zu einem Multiframe zusammengefasst. In einem GPRS 52 Multiframe werden fast alle Frames für den logischen PDTCH sowie für Kontrollinformationen verwendet. Ausnahmen bilden lediglich Frame 24 und 51, die von aktiven Endgeräten für die Pegelmessung von Nachbarzellen verwendet werden. Frame 12 und 38 schließlich werden für Timing Advance Berechnungen verwendet. Details über den PDTCH und andere logische GPRS Kanäle werden in Kapitel 2.2.6 beschrieben.

*Multislot
Übertragung*

Um die Übertragungsgeschwindigkeit eines Teilnehmers zu steigern, können wie im rechten Teil von Abbildung 2.5 gezeigt, mehrere Zeitschlitze gleichzeitig verwendet werden. Sind Daten für einen Teilnehmer zu übertragen, entscheidet das Netzwerk anhand der verfügbaren Timeslots und technischen Möglichkeiten des Endgeräts, wie viele Timeslots verwendet werden können. Dieses Verfahren wird Multislot Datenübertragung oder auch Timeslot Aggregation genannt.

Multislot-Klassen

Die Anzahl der Timeslots, die einem Endgerät gleichzeitig zugeteilt werden können, ist von seinen technischen Eigenschaften wie z.B. der Prozessorgeschwindigkeit abhängig. Endgeräte werden deshalb in unterschiedliche Multislot-Klassen eingeteilt, von denen die wichtigsten in Abbildung 2.6 dargestellt sind. In Ab-

hängigkeit der Multislot Klasse können dann 3, 4 oder mehr Timeslots für die Datenübertragung vom Netzwerk an ein Endgerät zugewiesen werden. Da bei Anwendungen wie dem Webbrowsen statistisch gesehen die unterschiedlichen Anwender in einer Zelle zu unterschiedlichen Zeiten Daten übertragen, erhöht sich so für jeden Teilnehmer die Übertragungsgeschwindigkeit und die Ressourcen werden besser genutzt. Die meisten heute erhältlichen Mobiltelefone unterstützen mindestens Multislot-Klasse 10. Geräte dieser Klasse können bis zu 4 Timeslots im Downlink und bis zu 2 Timeslots im Uplink bündeln. Das bedeutet, dass die maximale Übertragungsgeschwindigkeit im Uplink wesentlich geringer als im Downlink ist. Für viele Internet Anwendungen ist dies kein Problem, da z.B. beim Webbrowsen große Datenmengen meistens nur zum Endgerät, also in Downlink Richtung übertragen werden. Für andere Anwendungen wie z.B. dem Versenden von MMS Nachrichten mit Bildern oder Videosequenzen wären mehr Timeslots in Uplink Richtung wünschenswert. Geräte der gehobenen Preiskategorie unterstützen deshalb heute auch Multislot-Klasse 32, mit der 5 Timeslots im Downlink und 3 Timeslots im Uplink gebündelt werden können. Gleichzeitig nutzbar sind 6 Timeslots. Das Netzwerk kann somit dynamisch folgende Downlink + Uplink Kombinationen wählen: 5+1, 4+2 oder 3+3.

	Multislot	Mögliche Zeitschlitze		
	Klasse	Rx	Tx	Summe
	1	1	1	2
	2	2	1	3
	3	2	2	3
	4	3	1	4
	5	2	2	4
	6	3	2	4
	7	3	3	4
	8	4	1	5
	9	3	2	5
→	10	4	2	5
	11	4	3	5
	12	4	4	5
→	32	5	3	6

Abb. 2.6: Beispiele für GPRS Multislot-Klassen aus 3GPP TS 45.002, Annex B.1

*Flexible
Rekonfiguration*

In Multislot Klasse 10 ist die Summe der gleichzeitig nutzbaren Timeslots im Uplink und Downlink zusammen maximal 5. Sind 4 Timeslots im Downlink zugeteilt, kann das Endgerät nur einen Timeslot für die Datenübertragung im Uplink verwenden. Bemerkte das Netzwerk, dass auch Daten in Uplink Richtung zu übertragen sind, wird die Timeslot Zuteilung allerdings automatisch neu konfiguriert. Das Endgerät bekommt dann 3 Timeslots in Downlink Richtung und 2 Timeslots in Uplink Richtung zugewiesen. Beendet das Endgerät die Übertragung im Uplink und werden weiterhin Daten im Downlink übertragen, ändert das Netzwerk erneut die Zuweisung, und es werden wieder 4 Timeslots im Downlink zugewiesen. Dieser Effekt kann zum Beispiel bei der Übertragung von Webseiten beobachtet werden. Neben der eigentlichen Webseite werden im Downlink auch die in der Seite enthaltenen Bilder übertragen, die aber extra angefordert werden müssen. Um die Seite möglichst schnell aufzubauen, werden diese Anforderungen noch während der Übertragung von anderen Elementen gesendet und profitieren somit besonders von dieser Methode.

*MS Radio Access
Capabilities*

Damit das Netzwerk für jeden Teilnehmer die richtige Anzahl Timeslots zuweisen kann, teilt das Endgerät bei Anforderung eines Uplinkkanals dem Netzwerk seine Mobile Station Radio Access Capabilities mit. Teil dieser Information ist auch die unterstützte Multislot Klasse. Im Netzwerk wird die Multislot Klasse des Endgeräts gespeichert und kann somit später wieder verwendet werden, wenn Ressourcen im Downlink zugeteilt werden.

2.3.2

Gleichzeitige Nutzung einer Basisstation von GSM und GPRS

Da GPRS als Erweiterung eines GSM Netzwerks entwickelt wurde, teilen sich GSM und GPRS Netz auch die 8 Timeslots pro Frequenz einer Basisstation (BTS). Die maximale GPRS Datenrate hängt also auch davon ab, wie viele Timeslots einer BTS für Sprachkanäle verwendet werden. Es bleibt dabei dem Netzwerkbetreiber überlassen, wie viele Timeslots für welchen Dienst verwendet werden. Auch eine dynamische Zuordnung ist möglich. Bei geringem Sprachaufkommen können viele Timeslots für GPRS verwendet werden, die aber jederzeit für die Sprachübertragung dem GPRS Netzwerk entzogen werden können. In der Praxis wird üblicherweise eine Mischkonfiguration verwendet. Das bedeutet, dass für GPRS eine gewisse Anzahl an Timeslots

zur Verfügung steht, die nicht für Sprachkanäle verwendet werden dürfen. Neben diesen festen Timeslots werden weitere Timeslots dynamisch zugeteilt und können je nach Verkehrsaufkommen entweder für GPRS oder für leitungsvermittelte Verbindungen verwendet werden. So ist sichergestellt, dass trotz hohem Verkehrsaufkommen weiterhin ein Datentransfer mit GPRS möglich ist.

Abbildung 2.7 zeigt ein Beispiel für eine gemischte GSM/GPRS Konfiguration einer Zelle. Wie in Kapitel 1.7.3 gezeigt wurde, besteht in der Praxis eine BTS meist aus mehreren Zellen, in denen zur Kapazitätssteigerung mehrere Frequenzen verwendet werden.

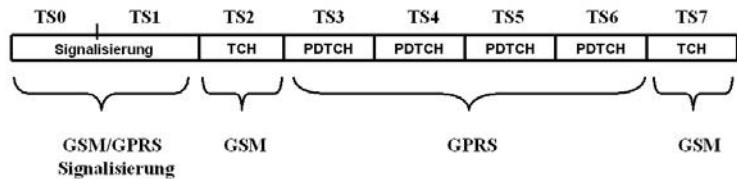


Abb. 2.7: Gemeinsame Nutzung einer Zelle von GSM und GPRS

2.3.3

Coding Schemes

Variable Geschwindigkeit

Eine weitere Möglichkeit die Übertragungsgeschwindigkeit der Teilnehmer zu steigern, ist die Anpassung der Bits pro Block für die Fehlerkorrektur an die jeweiligen Übertragungsbedingungen. Zu diesem Zweck wurden in GPRS vier Kodierungsverfahren (Coding Schemes) mit einem unterschiedlichen Verhältnis von Nutzdatenbits zu Fehlerkorrekturbits definiert. Bei schlechten Übertragungsbedingungen kann mit Coding Scheme 1 oder 2 eine Nettodatengeschwindigkeit von 8 bzw. 12 kbit/s pro Timeslot erreicht werden. Bei guten Übertragungsbedingungen können Coding Scheme 3 oder 4 verwendet werden und so Übertragungsraten von bis zu 20 kbit/s pro Timeslot erreicht werden.

Probleme mit CS-3 und CS-4

Während CS-1 und CS-2 in allen Netzwerken verwendet werden, haben die meisten Netzwerkkomponenten, die vor der Entstehung des GPRS Standards entwickelt wurden, ein Problem mit CS-3 und CS-4. Bei diesen Coding Schemes übersteigt die Datenrate inklusive Netzwerksignalisierungsinformationen die Bandbreite eines 16 kbit/s Timeslots auf dem Abis Interface. Um im Netzwerk CS-3 und CS-4 verwenden zu können, muss deshalb

die starre Zuordnung von Timeslots auf der Luftschnittstelle und Timeslots auf dem Abis Interface aufgehoben werden. Dies erfordert in vielen Fällen nicht nur angepasste Software, sondern auch neue Hardware. Beim Kauf neuer GSM Hardware gehen die Netzbetreiber statt CS-3 und 4 deshalb lieber gleich auf das nachfolgend noch genauer beschriebene EDGE Verfahren über. Viele Netzbetreiber überspringen jedoch auch diesen Schritt und forcieren stattdessen ihren UMTS Ausbau.

	Modulation	Geschwindigkeit pro Timeslot
GPRS CS-1	GMSK	8 kbit/s
GPRS CS-2	GMSK	12 kbit/s
GPRS CS-3	GMSK	14.4.kbit/s
GPRS CS-4	GMSK	20 kbit/s
EDGE MCS-1	GMSK	8.8 kbit/s
EDGE MCS-2	GMSK	11.2 kbit/s
EDGE MCS-3	GMSK	14.8 kbit/s
EDGE MCS-4	GMSK	17.6 kbit/s
EDGE MCS-5	8PSK	22.4 kbit/s
EDGE MCS-6	8PSK	29.6 kbit/s
EDGE MCS-7	8PSK	44.8 kbit/s
EDGE MCS-8	8PSK	54.4 kbit/s
EDGE MCS-9	8PSK	59.2 kbit/s

Abb. 2.8: GPRS Coding Schemes (CS) und EDGE Modulation and Coding Schemes (MCS) im Überblick

*CS-2, CS-3,
Convolutional
Coding und
Punktierung*

In Abbildung 2.9 ist dargestellt, wie Nutzdaten mit Coding Scheme 2 und 3 für die Übertragung über die Luftschnittstelle vorbereitet werden. Das Verfahren ist dabei sehr ähnlich wie die Kodierung der Sprachdaten, die bereits in Kapitel 1.7.5 vorgestellt wurde. Während der Half Rate Convolutional Coder bei Sprachdaten nur für eine Auswahl an Bits verwendet wird, wird dieser

hier auf alle Datenbits angewandt. Dies ist auch sinnvoll, da bei der Datenübertragung alle Bits gleich wichtig sind und somit auch alle Bits gleichermaßen geschützt werden müssen. Ergebnis dieser Codierung sind 588 (CS-2) bzw. 676 Bits (CS-3), die dann innerhalb eines Blocks übertragen werden sollen. Da aber in einem Block (= 4 Bursts) nur genau $4 \cdot 114$ Bits = 456 Bits übertragen werden können, muss der so erzeugte Datenstrom vor der Übertragung aber noch angepasst werden. Dies geschieht durch Weglassen einzelner Bits (Punktierung). Da der Empfänger weiß, welche Bits punktiert, also nicht übertragen wurden, kann dieser an den geeigneten Stellen ‚Dummy‘ Bits einfügen, die der Convolutional Decoder dann als Fehler betrachtet und entsprechend wieder korrigieren kann. Unterschied zwischen CS-2 und CS-3 sind die Anzahl der punktierten Bits. Je mehr punktierte Bits, desto weniger ‚richtige‘ Fehler dürfen während der Übertragung im Datenblock auftreten. Das in Abbildung 2.9 gezeigte USF (Uplink State Flag) Precoding in 6 Bits dient den unterschiedlichen Teilnehmern als Sendeerlaubnis und wird in Kapitel 2.5 zusammen mit dem dort eingeführten RLC/MAC Header ausführlicher beschrieben.

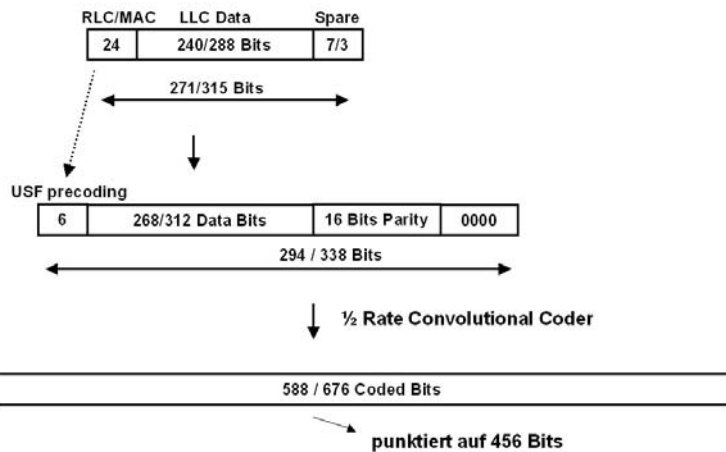


Abb. 2.9: CS-2 und CS-3 Kodierung von GPRS Daten

2.3.4

EDGE (EGPRS)

Um die GPRS Übertragungsgeschwindigkeit noch weiter zu steigern, wurde für GPRS als nächste Ausbaustufe ein neues Modu-

lationsverfahren nach dem 8PSK Prinzip unter dem Namen EDGE (Enhanced Data Rates for GSM Evolution) standardisiert.

*EDGE Modulation
und Coding
Schemes*

Statt 1 Bit pro Übertragungsschritt wie bei der bisher für GSM und GPRS verwendeten GMSK Modulation, werden mit EDGE 3 Bits pro Übertragungsschritt gesendet. Zusammen dem höchsten der insgesamt 9 Coding Schemes sind Übertragungsraten von bis zu 60 kbit/s pro Timeslot möglich. Ähnlich wie bei CS-3 und CS-4 sind jedoch auch hierfür neue Hardwarekomponenten im Radionetzwerk erforderlich. Darüber hinaus sind wegen des neuen Modulationsverfahrens auch neue Endgeräte notwendig. Ein weiterer Vorteil von neun unterschiedlichen Modulation Coding Schemes (MCS) gegenüber den vier GPRS Coding Schemes ist eine exakte Verwendung der für die aktuelle Übertragungsqualität geeigneten Modulation und Kodierung. Da sich Netzwerk und Endgerät im Gegensatz zu GPRS auch ständig gegenseitig über die Signalqualität beim Empfang der vorhergehenden Datenpakete informieren, kann somit schnell auf geänderte Übertragungsbedingungen reagiert werden. Dies senkt die Fehlerrate und ermöglicht bei jeder Signalqualität die optimale Geschwindigkeit. Durch diesen Regelmechanismus ist es auch in der Praxis tatsächlich möglich, MCS-8 und 9 bei guten Übertragungsbedingungen zu verwenden.

*Incremental
Redundancy*

Trotz schneller Reaktion auf sich ändernde Übertragungsbedingungen ist es natürlich weiterhin möglich, dass Datenblocks nicht korrekt empfangen werden. Auch hier wurde mit EDGE der GPRS Standard erweitert, um den Datentransfer auf höheren Schichten nicht ins Stocken geraten zu lassen. Um Übertragungsfehler zu beheben, kann z.B. ein Verfahren namens „Incremental Redundancy“ eingesetzt werden. Wie zuvor schon bei den GPRS Coding Schemes gezeigt, werden nicht alle berechneten Fehlerkorrekturbits auch tatsächlich gesendet (puncturing). Tritt ein Übertragungsfehler auf, wird mit Incremental Redundancy das Paket nicht einfach erneut übertragen, sondern es werden nun Fehlerkorrekturbits gesendet, die vorher nicht übertragen wurden. Auf der Empfängerseite können dann die Fehlerkorrekturbits vom ersten und zweiten Übertragungsversuch kombiniert werden. Da nun mehr Fehlerkorrekturbits zur Verfügung stehen, steigen die Chancen, die Übertragungsfehler im Paket zu korrigieren.

Re-Segmentation

Statt Incremental Redundancy ist es mit EDGE auch möglich, den Inhalt eines fehlerhaft empfangenen Paketes, das zuvor mit einem hohen MCS gesendet wurde auf zwei Pakete aufzuteilen

mit niedrigerem MCS aufzuteilen. Diese Methode wird Re-Segmentation genannt.

Verbesserungen beim Interleaving

Auch beim Interleaving, also dem Mischen von Bits um punktuelle Übertragungsfehler über den Block zu streuen (vgl. Kapitel 1.7.5), wurden mit EDGE Erweiterungen am Standard vorgenommen. Bei GPRS wird ein Datenblock unabhängig vom Coding Scheme immer über 4 Bursts gesendet. Bei den EDGE MCS 7-9 jedoch wurde die Länge eines Blocks auf zwei Bursts reduziert und somit das Interleaving verkürzt. Somit müssen bei einem Übertragungsfehler nur zwei Bursts neu übertragen werden und nicht vier. Dies ist vor allem bei der Verwendung von Frequency Hopping ein großer Vorteil. Dieses Verfahren wird verwendet, um nicht konstant auf einer Frequenz zu senden, die gestört oder für die aktuellen Übertragungsbedingungen ungeeignet ist. Während Frequency Hopping für die Sprachübertragung aufgrund der Kaschierung von kleinen Fehlern im Sprachdecoder gut geeignet ist, lassen sich viele falsche Bits in einem Burst bei der Datenübertragung nicht verstecken und der fehlerhafte Block muss komplett neu übertragen werden.

2.3.5 Mobile Station Classes

Class C

Der GPRS Standard sieht drei verschiedene Endgeräteklassen vor: Endgeräte der Mobile Station Class C können entweder im leitungsvermittelnden GSM Netzwerk oder im paketvermittelnden GPRS Netzwerk angemeldet sein. Diese Klasse macht vor allem für Endgeräte Sinn, die nur für die Datenübertragung gedacht sind.

Class B

Die häufigste Mobile Station Class die derzeit für Endgeräte verwendet wird, ist Mobile Station Class B. Endgeräte dieser Klasse können gleichzeitig im GSM leitungsvermittelnden Netz und dem GPRS paketvermittelnden Netz angemeldet sein und beide Dienste ohne explizites Umschalten nutzen. Einschränkend gilt jedoch, dass während eines Telefongesprächs keine Daten per GPRS gesendet oder empfangen werden können. Umgekehrt bedeutet dies auch, dass während einer laufenden Datenübertragung keine Telefonate geführt werden können. Baut der Anwender während einer GPRS Datenübertragung ein Telefongespräch auf, wird die GPRS Datenübertragung unterbrochen. Nach Ende des Gesprächs wird die Datenübertragung ohne erneute Verbindungsaufnahme weitergeführt. Dies kann vor allem dann eine Einschränkung sein, wenn das Endgerät neben dem Telefo-

nat noch zusätzlich von einem Endgerät wie z.B. einem Notebook für die Datenübertragung verwendet wird.

PCH kann nicht gelesen werden

Da ein Endgerät der Klasse B während einer GPRS Datenübertragung den Paging Channel (PCH) nicht beobachten kann, werden in dieser Zeit ankommende Telefongespräche oder SMS Nachrichten nicht empfangen. Bei burstartiger Datenübertragung wie dem Internet Browsing oder dem WAP Browsing ist die Chance jedoch recht hoch, das eingehende Gespräch oder die SMS trotzdem zu empfangen. Bei diesen Anwendungen werden immer nur kurzzeitig Daten übertragen und die Nachrichten auf dem Paging Channel werden zumindest einmal wiederholt. Dennoch kann nicht ausgeschlossen werden, dass die Paging Nachricht nicht gesehen wird. Abhilfe schafft hier der Network Operation Mode 1 (NOM 1), der im nächsten Abschnitt vorgestellt wird.

Class A

Schließlich gibt es noch die Mobile Station Class A. Endgeräte dieser Klasse können ebenso wie Endgeräte der Klasse B gleichzeitig am GSM und GPRS Teil des Netzwerkes angemeldet sein. Wichtiger Unterschied ist jedoch, dass telefonieren im leitungsvermittelnden Teil und Datenübertragung im paketvermittelnden Teil des Netzwerkes gleichzeitig möglich ist. Voraussetzung dafür ist aber eine aufwändigere Hardware in den Endgeräten.

2.3.6 Network Operation Mode (NOM)

Ähnlich der verschiedenen Endgeräteklassen mit unterschiedlicher Komplexität gibt es auch für das Netzwerk unterschiedliche Betriebsmodi, die Network Operation Mode (NOM) 1, 2 und 3 genannt werden.

NOM 2

Der Network Operation Mode 2 (NOM 2) ist der einfachste der drei Netzwerk Modi und wurde deshalb bei der Einführung fast aller GPRS Netze in der Praxis verwendet. Auch heute ist dieser Modus noch bei den meisten Netzwerken anzutreffen. NOM 2 verwendet für einen Teil der Signalisierung die schon vorhandenen GSM Signalisierungskanäle wie den RACH, den AGCH und den PCH. Nachrichten auf diesen Kanälen werden vom BSC transparent zwischen Endgerät und GPRS Netzwerk weitergegeben. Mehr dazu in Kapitel 2.4. Um diesen Mode so einfach wie möglich zu halten, gibt es zwischen den GSM und GPRS Kernnetzen keine Verbindung. Dies führt wie schon erwähnt dazu, dass eingehende Telefongespräche und SMS Nachrichten während einer aktiven GPRS Datenübertragung mit einem Mobile Station Class B Endgerät nicht empfangen werden können.

NOM 3

Der Network Operation Mode 3 bietet zusätzlich zu den Fähigkeiten des NOM 2 eigene GPRS Signalisierungskanäle. Statt die bereits für GSM verwendeten BCCH, RACH, AGCH und PCH Kanäle für GPRS mitzuverwenden, gibt es bei NOM 3 dafür eigene GPRS Kanäle, die PBCCH, PRACH, PAGCH und PPCH genannt werden. ‚P‘ steht dabei jeweils für ‚Packet‘. Zwar bedeuten diese zusätzlichen Kanäle für das Endgerät einen zusätzlichen Aufwand, dafür können jedoch die leitungsvermittelnden Signalisierungskanäle des Radionetzwerkes entlastet werden. Außerdem wird die BSC entlastet, da diese bei NOM 3 keine GPRS Signalisierungsnachrichten zwischen Teilnehmer und GPRS Netzwerk weiterleiten muss. Der Timeslot, auf denen sich diese Packet Signalisierungskanäle befinden, werden über die Switching Matrix in der BSC zum GPRS Netzwerk getunnelt, was mit wesentlich weniger Aufwand verbunden ist, als einzelne Signalisierungsnachrichten weiterzugeben.

NOM 1

Und schließlich gibt es noch den Network Operation Mode 1 (NOM 1). Dieser verwendet entweder die GSM Signalisierungskanäle (wie bei NOM 2) oder optional die GPRS Signalisierungskanäle (wie bei NOM 3).

Zusätzlich wird in NOM-1 das Gs Interface zwischen der MSC im leitungsvermittelnden GSM Teil des Netzwerkes und dem SGSN (Serving GPRS Support Node) im GPRS Teil des Netzwerkes eingeführt. Der SGSN ist dabei das paketvermittelnde Gegenstück der MSC und ist neben dem Vermitteln von Datenpaketen auch für das Mobility Management und Session Management der Teilnehmer zuständig. Mehr dazu in Kapitel 2.7.

Über das Gs Interface ist es möglich, GSM und GPRS Signalisierungsvorgänge zu synchronisieren und zusammenzufassen. Dies hat folgende Vorteile:

- Bei eingehenden Gesprächen sucht die MSC den Teilnehmer nicht direkt über die BSC mit einer Paging Nachricht, sondern schickt die Paging Nachricht stattdessen an den SGSN, der dann seinerseits den Teilnehmer benachrichtigt. Dies hat den großen Vorteil, dass auch ein Endgerät der Mobile Station Class B während eines aktiven GPRS Datentransfer über das eingehende Gespräch informiert werden kann.
- Location Area Update und Routing Area Update müssen nicht mehr getrennt für GSM und GPRS durchgeführt werden. Bei Bedarf erfolgt ein Combined Location Update mit dem SGSN. Der SGSN gibt die Daten während

des Vorgangs dann auch an das MSC/VLR weiter. Während der Vorgang im Netzwerk dadurch etwas komplizierter wird, vereinfacht sich der Vorgang für das Endgerät, da die Prozedur statt zweimal nur noch einmal durchgeführt werden muss. Außerdem werden weniger Signalisierungsressourcen im Radionetzwerk benötigt.

*Gs MAP
Signalisierung*

Die Signalisierung auf dem Gs Interface erfolgt über das in Kapitel 1.4.2 vorgestellte MAP Protokoll, das für diese Zwecke erweitert wurde.

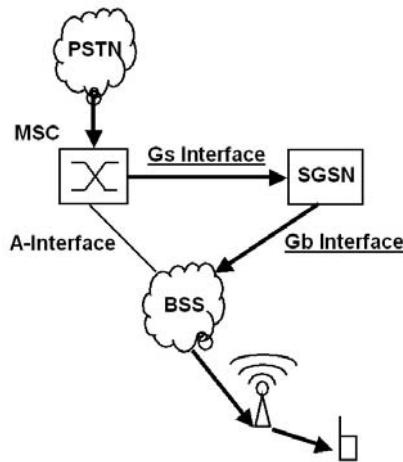


Abb. 2.10: Paging für ein eingehendes Gespräch über das Gs Interface

Während bei der Einführung von GPRS im Feld zunächst bei den meisten Networkbetreibern auf NOM 2 gesetzt wurde, werden mit der Zeit die meisten GSM Netze auch das Gs Interface durch einen Softwareupdate der MSC und SGSN nutzen können. Da die Verwendung dieses Interfaces sowohl für den Kunden wie auch für den Networkbetreiber zahlreiche Vorteile bringt ist zu erwarten, dass die meisten Netze mit der Zeit auf diesen GPRS Networkmodus umschalten werden. Vorreiter ist hier z.B. T-Mobile in Österreich, der NOM 1 als einer der ersten Networkbetreiber bereits seit 2003 einsetzt.

Welcher Network Operation Mode vom Network verwendet wird, erfahren die Endgeräte über den Broadcast Kanal (BCCH bzw. PBCCH) der Zelle in der SYS_INFO 13 Nachricht.

2.3.7 GPRS Kanalstruktur auf der Luftschnittstelle

Mit GPRS wurden für die Datenübertragung und Signalisierung folgende neue logische Kanäle auf der Luftschnittstelle eingeführt:

PDTCH Wichtigster Kanal aus Endnutzersicht ist sicherlich der Packet Data Traffic Channel (PDTCH), welcher bei GPRS die eigentlichen Nutzdaten überträgt. Dieser Kanal wird in Uplink wie auch in Downlinkrichtung verwendet. Up- und Downlinkrichtung werden jedoch unabhängig voneinander vom Netzwerk zugewiesen. Der PDTCH verwendet ähnlich einem leitungsvermittelten GSM Traffic Channel (TCH) bis auf wenige Ausnahmen alle Bursts eines Timeslots (GPRS 52 Multiframe).

PACCH Zu jedem PDTCH gehört auch ein Packet Associated Control Channel (PACCH). Der PACCH ist ein bidirektionaler Kanal und wird für die Übertragung von Signalisierungsnachrichten verwendet. Diese sind zum Beispiel notwendig, um den korrekten Empfang von Datenpaketen zu bestätigen. Außerdem wird die Ressourcenzuteilung (also die Zuweisung von Blocks eines PDTCH an einen Teilnehmer) mit Uplink und Downlink Assignment Nachrichten über diesen Kanal gesteuert. Ein PACCH wird auf den gleichen Timeslots wie ein PDTCH übertragen. Um den PACCH und den PDTCH zu unterscheiden, gibt es im Header jedes Datenpakets wie in Abbildung 2.11 dargestellt, ein Payload Type Feld.

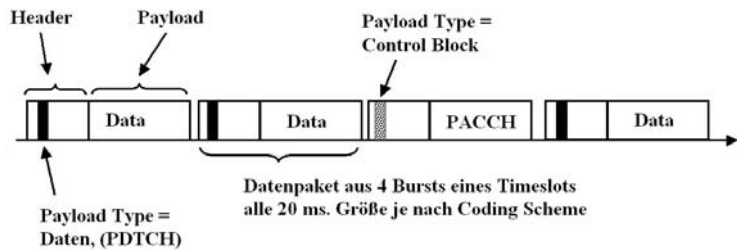


Abb. 2.11: PDTCH und PACCH werden wahlweise auf dem gleichen Timeslot gesendet.

PTCCH Der Packet Timing Advance Control Channel (PTCCH) wird für die Timing Advance Kontrolle von aktiven Endgeräten verwendet. In vom Netzwerk vorgegebenen Intervallen senden die aktiven Endgeräte in Uplink Richtung des PTCCH einen kurzen Burst, der vom Netzwerk für die Berechnung des Timing Advan-

ce verwendet wird. Das Ergebnis wird dann den Endgeräten in Downlinkrichtung des PTCCH mitgeteilt.

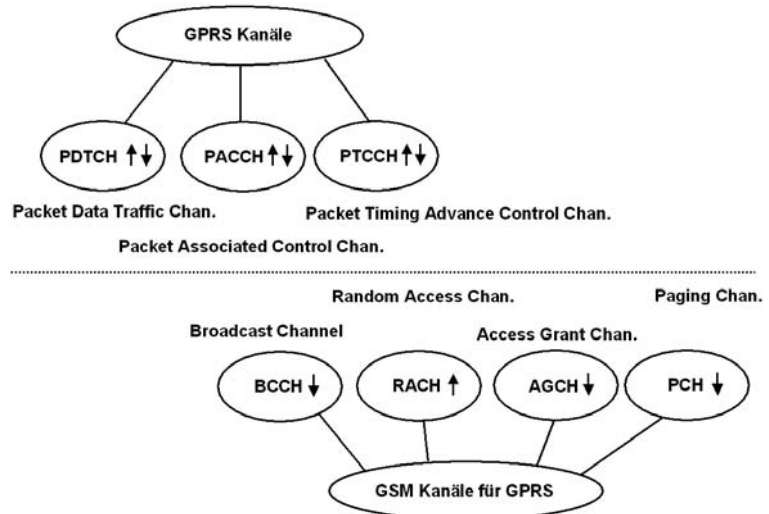


Abb. 2.12: Logische Kanäle in NOM 2 für GPRS

Im Network Operation Mode 2 werden neben diesen Kanälen auch folgende bereits existierende GSM Kanäle verwendet (vgl. Kapitel 1.7.3):

RACH

Der Random Access Channel (RACH) wird bei GPRS für die Anforderung von Uplink Ressourcen (Blocks auf dem Uplink PDTCH) verwendet. Statt einer GSM Channel Request Nachricht wird dafür jedoch eine Packet Channel Request Nachricht gesendet.

AGCH

Der PACCH kann nur für die Ressourcenzuteilung an ein Endgerät verwendet werden, wenn diesem bereits Datenblocks in der jeweils anderen Richtung zugeteilt wurden. Für eine neue Ressourcenzuteilung wird der GSM Access Grant Channel (AGCH) verwendet.

Abbildung 2.13 zeigt die Verwendung von RACH, AGCH und PACCH bei der Zuteilung von Uplink Ressourcen und die anschließende Datenübertragung über den PDTCH. Weitere Details hierzu in Kapitel 2.5 über das Radio Resource Management.

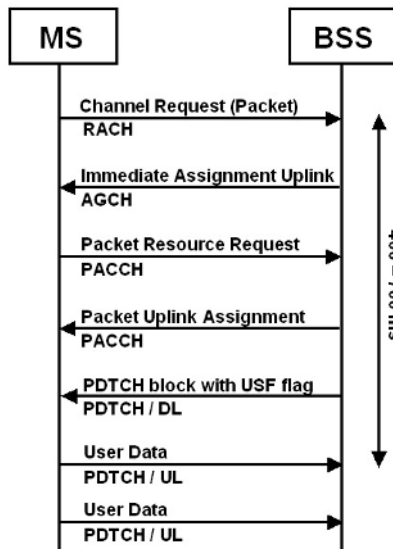


Abb. 2.13: Anforderung einer Uplink Ressource in NOM 2

PCH

Ist ein Endgerät für längere Zeit inaktiv, geht es in den Standby Mode über, der in Kapitel 2.3 näher beschrieben wird. Im Standby Mode ist es nicht mehr möglich, dem Endgerät unmittelbar Ressourcen über den AGCH zuzuteilen. In diesem Zustand muss deshalb das Endgerät zunächst über den Paging Channel gerufen werden.

SYS_INFO 13

Auch der Broadcast Kanal (BCCH) wird für GPRS verwendet. Neben den schon bisher bekannten SYS_INFO Nachrichten mit GSM Systeminformationen wird für GPRS nun noch zusätzlich die GPRS spezifische SYS_INFO 13 Nachricht ausgestrahlt. Diese enthält alle für das Endgerät wichtigen GPRS Parameter wie zum Beispiel den Network Operation Mode oder den Routing Area Code.

PCCCH (optional)

Neben diesen Kanälen gibt es noch eine Reihe weiterer Kanäle, die nur in NOM 3 und optional auch in NOM 1 verwendet werden. Diese Kanäle dienen vor allem der Entlastung von RACH, AGCH und PCH und werden entsprechend PRACH, PAGCH und PPCH genannt, wobei ‚P‘ jeweils für Packet steht. Zusammengefasst werden diese Kanäle auch als Packet Common Control Channel (PCCCH) bezeichnet. Da der PCCCH nicht von der BSC kontrolliert wird, bedeutet dessen Verwendung auch eine Entlastung der BSC. Nachteil ist jedoch, dass der PCCCH in der Praxis

einen eigenen Timeslot benötigt und somit die Bandbreite einer Zelle für Nutzdaten reduziert. In der Praxis scheint die Signalisierungslast für die BSC nicht kritisch zu sein und so wird der PCCCH in den meisten in Betrieb befindlichen Netzwerken nicht verwendet.

*PBCCH
(optional)*

Ist in einer Zelle der PCCCH aktiviert, reicht der Platz in der SYS_INFO 13 Nachricht auf dem BCCH nicht aus, um dem Endgerät alle GPRS Informationen mitzuteilen. Deshalb muss bei Aktivierung des PCCCH im Radionetzwerk auch ein Packet Broadcast Control Channel (PBCCH) verwendet werden.

2.4 GPRS Zustandsmodell

Bei GSM befindet sich ein am Netzwerk angemeldetes Endgerät entweder im Idle Mode oder im Dedicated Mode. Im Idle Mode gibt es keine Verbindung zwischen Endgerät und Netzwerk und das Endgerät überprüft nur von Zeit zu Zeit den Paging Kanal. Im Dedicated Mode hingegen existiert zwischen Endgerät und Netzwerk eine aktive Verbindung (z.B. ein Telefongespräch) und es werden in regelmäßigen Abständen Daten gesendet und empfangen. Für GPRS wurde dieses Zustandsmodell für die Anforderungen der Paketdatenübertragung etwas modifiziert:

Idle State

Im Idle State ist das Endgerät nicht am GPRS Netzwerk angemeldet, der Aufenthaltsort des Teilnehmers ist nicht bekannt. Somit kann der Teilnehmer keine Daten übertragen, es ist keine GPRS Session (auch PDP Kontext genannt, siehe Kapitel 2.7.2) aktiv. Leider birgt die Bezeichnung Idle State bei GPRS ein großes Verwechslungsrisiko mit dem GSM Idle Mode. Während im GSM Idle Mode das Endgerät eingebucht aber im Ruhezustand ist und somit jederzeit erreicht werden kann, ist ein Endgerät im GPRS Idle State nicht eingebucht und kann auch vom Netzwerk nicht angesprochen werden.

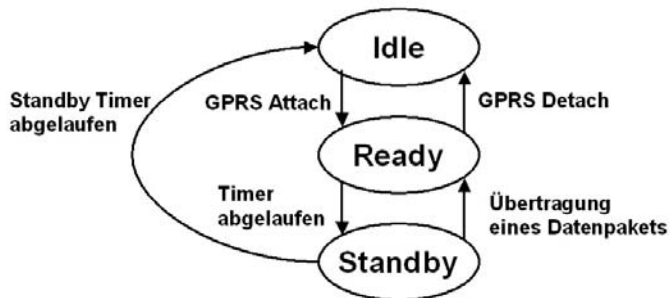


Abb. 2.14 GPRS Zustandsdiagramm

Ready State

Möchte sich ein Endgerät im GPRS Netzwerk einbuchen, wechselt es in den GPRS Ready State mit der Übertragung der Packet Channel Request Nachricht wie in Abbildung 2.13 gezeigt. Im Ready State kann das Netzwerk jederzeit Downlinkressourcen über den AGCH zuweisen und Daten an das Endgerät schicken. Dies ist möglich, da dem GPRS Netzwerk die Zelle bekannt ist, in dem sich der Teilnehmer gerade aufhält. Dies bedeutet umgekehrt aber auch, dass das Endgerät jeden Zellwechsel dem Netzwerk durch eine Cell Update Nachricht mitteilen muss. Das Endgerät bleibt im Ready State, solange entweder Signalisierungsnachrichten oder Nutzdaten übertragen werden, sowie noch für einige Zeit nach dem Ende der Übertragung. So wird sichergestellt, dass nachfolgende Datenpakete ohne große Verzögerung zugestellt werden können. Über den Ready Timer wird die Zeit bestimmt, die ein Endgerät nach einer Datenübertragung noch im Ready State verbleibt. Sein maximaler Wert, auf den der Ready Timer nach jeder Datenübertragung zurückgestellt wird, ist Teil der GPRS Systeminformationen, die auf dem BCCH oder PBCCH ausgestrahlt werden. Ein typischer Wert des Ready Timers, der in vielen Netzwerken verwendet wird, ist 44 Sekunden. Nach Ablauf des Ready Timers wechselt das Endgerät in den Standby State.

Der Ready State macht keine Aussage darüber, ob ein Teilnehmer Daten von und zum Internet übertragen kann. Hierfür wird ein sogenannter PDP Kontext benötigt, der in Kapitel 2.7.2 beschrieben wird. Der Ready State bedeutet für das Endgerät und Netzwerk lediglich, dass Daten und Signalisierungsnachrichten sofort ohne vorheriges Paging an das Endgerät zugestellt werden können.

Mobility Management im Ready State

Der GPRS Ready State ähnelt stark dem GSM Dedicated Mode, da beide Zustände für die Übertragung von Daten gedacht sind. Im Falle des GSM Dedicated Mode sind dies vorwiegend Signalisierungs- und Sprachdaten, im GPRS Ready State hingegen neben der Signalisierung hauptsächlich IP Pakete. Während jedoch im GSM Dedicated Mode das Mobility Management durch die BSC (vgl. Handover) kontrolliert wird, bleibt diese Aufgabe im GPRS Ready State dem Endgerät überlassen.

Cell Update

Wie bei GSM führt das Endgerät auch bei GPRS Signalstärkemessungen der aktuellen Zelle sowie aller Nachbarzellen durch. Bei Bedarf startet das Endgerät dann ohne Hilfe oder Anweisung des Netzwerkes einen Zellwechsellvorgang, der Cell Update genannt

wird. Nach Wechsel in die neue Zelle werden zunächst die Systeminformationen der Zelle aus deren Broadcast Kanal (BCCH oder PBCCH) ausgelesen. Danach nimmt das Endgerät über den RACH Kontakt zum Netzwerk auf und sendet ein leeres Datenpaket. Hieran erkennt das Netzwerk, dass der Teilnehmer die Zelle gewechselt hat und ändert die Route für nachfolgende Datenpakete entsprechend. Der komplette Cell Update Vorgang benötigt etwa 2 Sekunden. Wird ein Cell Update Vorgang während einer laufenden Datenübertragung durchgeführt, entsteht dadurch natürlich eine Unterbrechung der Übertragung von mindestens zwei Sekunden. Daten, die in Downlink Richtung während des Cell Updates in der alten Zelle übertragen wurden, müssen erneut gesendet werden. Für Anwendungen wie z.B. dem Webbrowser stellt der Cell Update kein großes Problem dar, da die meiste Zeit keine Daten übertragen werden und somit die meisten Cell Updates in Zeiten ohne Übertragungsaktivität fallen. Problematisch sind diese Unterbrechungen jedoch für Echtzeitdienste wie z.B. Voice over IP.

NACC

Um die Unterbrechungen bei Cell Updates so kurz wie möglich zu halten, wurde in den GPRS Standards nachträglich noch ein Verfahren eingebracht, das sich Network Assisted Cell Change, kurz NACC nennt. Bei diesem Verfahren kündigt das Endgerät einen bevorstehenden Zellwechsel dem Netzwerk an. Dieses kann dann die Systeminformationen der neuen Zelle an das Endgerät schicken und eine laufende Datenübertragung in Downlink Richtung anhalten. Das Endgerät wechselt danach in die neue Zelle und sendet ein neues Datenpaket. Somit reduziert sich die Unterbrechungszeit wesentlich, da der BCCH der neuen Zelle nicht gelesen werden muss und auch keine Daten im Downlink verloren gehen, die in der neuen Zelle erneut gesendet werden müssten. Für dieses optionale Verfahren muss jedoch die Software sowohl im Netzwerk als auch im Endgerät entsprechend erweitert werden. Da NACC erst mit der GSM Release 4 spezifiziert wurde, sind bei Drucklegung dieses Buches zwar schon einige Endgeräte erhältlich die dieses Verfahren unterstützen, auf der Netzwerkseite ist diese Funktionalität jedoch noch nicht sehr weit verbreitet.

Standby State

Nach Ablauf des Ready Timers wechselt das Endgerät in den Standby State. In diesem Zustand informiert das Endgerät das Netzwerk nur noch über einen Zellwechsel, wenn die neue Zelle zu einer neuen Routing Area gehört. Nachteil ist jedoch, dass bei ankommenden Daten der Teilnehmer erst über den PCH in der gesamten Routing Area gesucht werden muss. Eine Routing Area

ist ein Teil einer Location Area, besteht also auch aus einer Anzahl Zellen. Eigentlich hätten auch die Location Areas auch für GPRS weiterverwendet werden können. Durch die feinere Unterteilung einer Location Area in eine oder mehrere Routing Areas gibt man den Netzbetreibern aber die Möglichkeit, die richtige Balance zwischen Nutzung des Paging Channels bei ankommenden Daten und die Häufigkeit der Routing Area Updates unabhängig von GSM zu kontrollieren.

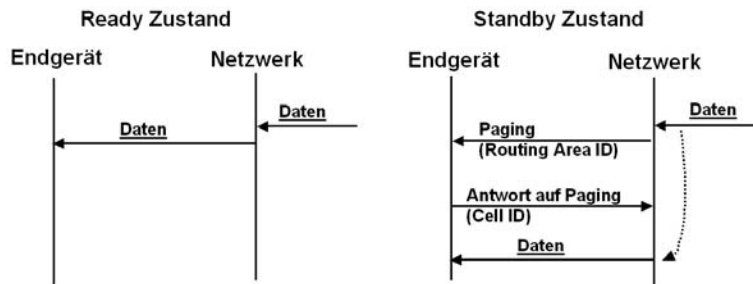


Abb. 2.15: Unterschied zwischen Ready und Standby Zustand

Routing Area Update

Ändert sich bei einem Zellwechsel nur die Routing Area, führt das Endgerät einen Routing Area Update mit dem GPRS Netzwerk durch. Ändert sich neben der Routing Area auch gleichzeitig die Location Area, führt das Endgerät zusätzlich noch einen Location Area Update durch. Auch im Ready State ist bei einem Zellwechsel statt eines Cell Updates ein Routing und Location Area Update notwendig, wenn sich diese bei einem Zellwechsel ändern.

Paging im Standby State

Vorteil des Standby State ist der geringere Signalisierungsaufwand und somit für die Endgeräte eine längere Akkulaufzeit. Für das Netzwerk hat dies den Vorteil, dass knappe Signalisierungsressourcen auf dem RACH, AGCH und PDTCH gespart werden. Nachteil ist jedoch, dass bei ankommenden Daten das Endgerät erst über den Paging Channel gerufen werden muss, was zusätzlich Zeit kostet. Da bei üblichen Ready Timer Werten von z.B. 44 Sekunden in den meisten Fällen keine Daten mehr nachkommen, muss der Paging Channel in der Praxis nicht sehr oft verwendet werden.

In Uplink Richtung gibt es keinen Unterschied zwischen Ready und Standby State. Möchte ein Endgerät im Standby State Daten schicken, geht das Endgerät mit dem Senden des ersten Pakets automatisch wieder in den Ready State über.

2.5 GPRS Netzwerkelemente

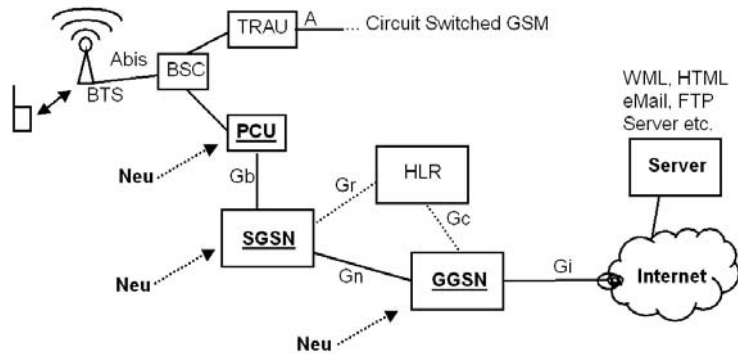


Abb. 2.16: GPRS Netzkomponenten

Durch Einteilung der Timeslots für GSM und GPRS im Radionetzwerk ist es möglich, beide Dienste über die gleichen Basisstationen zu betreiben. Hierzu ist lediglich ein Softwareupdate für die Basisstationen und BSCs notwendig. Aufgrund der großen Unterschiede zwischen Leitungs- und Paketvermittlung wurde es jedoch notwendig, drei neue Netzwerkelemente für GPRS in das vorhandene Netzwerk zu integrieren. Diese werden in Abb. 2.16 gezeigt und in diesem Abschnitt näher beschrieben.

2.5.1 Die Packet Control Unit (PCU)

Der Base Station Controller (BSC) ist Teil des leitungsvermittelnden GSM Netzwerkes und verbindet Endgeräte über 16 kbit/s Kanäle mit der MSC im Kernnetzwerk. Außerdem ist der BSC für das Handover der Verbindungen zuständig. Da GPRS Teilnehmer jedoch keine dedizierte 16 kbit/s Verbindung mehr mit dem Netzwerk haben, ist die Architektur der BSC nicht für GPRS geeignet. Aus diesem Grund wurde die Packet Control Unit (PCU) im Netzwerk eingeführt, die das paketvermittelnde Gegenstück zur BSC im Radionetzwerk darstellt. Die PCU hat folgende Aufgaben:

PDTCH Management

Die Vergabe von Timeslots, respektive PDTCHs in Up- und Downlink Richtung an die einzelnen Teilnehmer: In NOM 2 werden Uplinkressourcen mit einer Packet Channel Request Nachricht über den RACH angefordert. Die BSC empfängt diese

Nachrichten und leitet sie an die PCU weiter. Dieser Umweg ist notwendig, da über den RACH auch GSM Kanalanforderungen gesendet werden, die von der BSC selber bearbeitet werden. In NOM 3 hingegen wird für Packet Channel Request Nachrichten der PRACH verwendet. Dieser ist direkt mit der PCU ohne Zwischenstop über die BSC verbunden, da hier nur GPRS Signalisierung übertragen wird.

Flusskontrolle Da über eine Zelle viele Teilnehmer gleichzeitig Daten übertragen können, ist die PCU auch für die Flusskontrolle der Daten in Up- und Downlink Richtung zuständig, sowie für die Priorisierung der unterschiedlichen Datenströme.

Fehlerkorrektur In Uplinkrichtung überprüft die PCU die ankommenden Datenblöcke und fordert bei Übertragungsfehler ggf. die Daten erneut beim Endgerät an.

Paging Befindet sich ein Teilnehmer im Standby State, ist die PCU auch für das Paging verantwortlich, wenn vom Netzwerk neue Daten für die Übertragung bereitstehen.

Timing Advance Management Um sicherzustellen, dass Datenpakete von Endgeräten in ihren vorgesehenen Zeitfenstern an der BTS eintreffen, ist die PCU auch für das grundsätzliche Timing Advance Management zuständig. Bei Vergabe von Up- und Downlinkressourcen teilt die PCU dem Endgerät mit, wann es den Packet Timing Advance Control Channel (PTCCH) für Timing Advance Messungen verwenden darf. Die eigentlichen Timing Advance Messungen auf dem PTCCH sowie die Berechnung und Übertragung der Werte an das Endgerät werden jedoch von der BTS autonom ausgeführt.

Wie in Abb. 2.16 zu sehen ist, ist die PCU mit dem BSC über E-1 Leitungen verbunden. Die für GPRS reservierten Timeslots für PDTCHs werden zwischen BSC und PCU über transparente 16 kbit/s E-1 Subtimeslots geleitet. Signalisierungsnachrichten von und zu den logischen Signalisierungskanälen RACH, AGCH und PCH werden separat über LAPD Signalisierungskanäle (siehe auch Ende Kapitel 1.7.3) zwischen PCU, BSC und BTS transportiert.

Aufzeichnen der Signalisierung Im GSM Radionetzwerk ist es sehr einfach, Signalisierungsnachrichten für die Fehleranalyse und Lastmessungen aufzuzeichnen. Jedes Paket, das auf dem für LAPD reservierten Timeslot übertragen wird, ist dabei eine Signalisierungsnachricht. Wenn bekannt ist, auf welchem Timeslot der LAPD Kanal übertragen wird, kann dieser mit Hilfe eines Netzwerkanalysertools wie z.B. von Tektro-

nix, Acterna oder NetHawk überwacht werden. Diese Tools funktionieren sehr ähnlich wie Ethernet Netzwerkanalyseprogramme wie z.B. Ethereal. Einzige Hürde für das Monitoring ist dabei das Anzapfen der E-1 Leitung mit spezieller Hardware, die aufgrund der geringen Stückzahl und hohen Entwicklungskosten sehr teuer ist.

Bei GPRS ist die Aufzeichnung der Signalisierungspakete jedoch deutlich schwieriger geworden. Neben der Signalisierung auf dem RACH, AGCH und PCH werden die meisten Signalisierungsnachrichten in PACCHs gesendet. Diese werden zusammen mit PDTCHs für Nutzdaten über die gleichen Timeslots übertragen. Erschwerend ist außerdem, dass Signalisierungspakete je nach Multislot Klasse des Endgeräts über mehrere Timeslots gleichzeitig übertragen werden. Das Netzwerkanalysetool kann nun nicht mehr einfach alles aufzeichnen, sondern muss aus den Datenströmen die Signalisierungsnachrichten extrahieren und zusammenfügen.

*Interface
zwischen PCU
und BSC*

Einzige Schnittstelle die bei GPRS nicht standardisiert ist, ist die Schnittstelle zwischen PCU und BSC. Dies bedeutet, dass der Hersteller der BSC auch automatisch der Lieferant der PCU sein muss. Während manche Hersteller wie z.B. Siemens die PCU als zusätzliche Baugruppe in ihre BSC integrieren, haben andere Hersteller die PCU als eigenständige Komponente entwickelt, die aufgrund ihrer Leistungsfähigkeit auch Basisstationen von mehreren BSCs versorgen kann.

2.5.2

Der Serving GPRS Support Node (SGSN)

Der Serving GPRS Support Node (SGSN) ist das Gegenstück zur leitungsvermittelnden MSC im paketorientierten GPRS Netzwerk. Er erfüllt im wesentlichen die gleichen Aufgaben, die sich in die Teilbereiche User Plane und Signalling Plane unterteilen lassen:

User Plane

Die User Plane ist für die Übertragung von Nutzdatenpaketen zwischen Teilnehmern und externen Netzwerken wie dem Internet oder einem Firmenintranet zuständig. Alle Pakete, die beim SGSN für einen Teilnehmer eingehen, werden an die für die aktuelle Zelle des Teilnehmers zuständige PCU weitergeleitet („geroutet“). Liefert die PCU Pakete eines Teilnehmers, reicht der SGSN diese an den nächsten Netzwerkknoten, den Gateway GPRS Support Node (GGSN) weiter, der im nächsten Abschnitt beschrieben wird.

IP im Kernnetz

Im GPRS Kernnetz wird zwischen den unterschiedlichen Netzwerkkomponenten IP als Transportprotokoll verwendet. Dies hat den großen Vorteil, dass eine Vielzahl unterschiedlicher Übertragungstechnologien verwendet werden können. Für kurze Distanzen zwischen den GPRS Netzwerkknoten können zum Beispiel 100 MBit/s Ethernetverbindungen verwendet werden. Für die Übertragung über weite Strecken ist hingegen ATM über optische STM Übertragungssysteme (z.B. STM-1 mit 155 MBit/s, vgl. Kapitel 1.3) besser geeignet. Die Verwendung von IP im Kernnetz stellt also sicher, dass bei steigender GPRS Nutzung das Kernnetz auch in Zukunft flexibel ausbaubar bleibt.

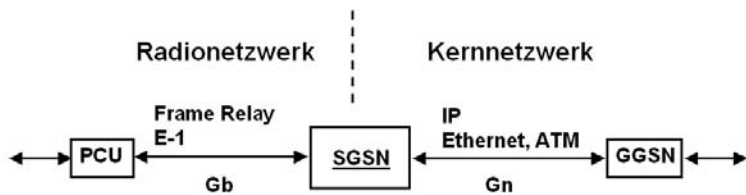


Abb. 2.17: Schnittstellen und Protokolle des SGSN auf Layer 2+3

Frame Relay zur PCU

Von und zur PCU wurde das Frame Relay Protokoll für den Transport der Userdatenpakete gewählt. Die Entscheidung, hier nicht auch das IP Protokoll zu verwenden, ist aus heutiger Sicht nur schwer nachvollziehbar. Die Wahl auf Frame Relay fiel unter anderem deswegen, da Datenpakete zwischen SGSN und PCU wie im BSS üblich über E-1 Leitungen transportiert werden sollten. Frame Relay mit seiner paketorientierten Architektur und vielen Ähnlichkeiten zu ATM eignet sich gut für die Übertragung über 2 MBit/s E-1 Kanäle und wird seit vielen Jahren in der Weitverkehrstechnik eingesetzt. Nachteil ist allerdings neben einer komplizierteren Netzwerkarchitektur auch, dass der SGSN Datenpakete von der PCU aus einem Frame Relay Paket extrahieren und danach per IP weiter an den GGSN schicken muss und umgekehrt. Dies hat sich zwischenzeitlich auch in der Praxis gezeigt, weshalb bei UMTS zwischen Radionetz und Kernnetz nicht mehr auf Frame Relay sondern auf ATM und IP gesetzt wird.

Verschlüsselung

Während bei GSM leitungsvermittelte Verbindungen nur die Übertragung auf der Luftschnittstelle zwischen Endgerät und BTS verschlüsselt wird, werden GPRS Datenpakete zwischen Endgerät und SGSN durchgehend geschützt. Dies hat den Vorteil, dass

nun auch das Abis Interface geschützt ist, das oft über eine Mikrowellenverbindung läuft und somit leicht abhörbar ist. Nachteil ist jedoch, dass die Rechenleistung für die Verschlüsselung im Netzwerk nicht mehr über viele Basisstationen verteilt werden kann, sondern im SGSN konzentriert ist. Zwar gibt es in großen Mobilfunknetzwerken viele SGSN's, deren Anzahl ist jedoch bedeutend kleiner als die Anzahl der Basisstationen. Deshalb bieten SGSN Hersteller auch optionale Hardwarebaugruppen für die Verschlüsselung der Datenpakete an und steigern so die Routingkapazität eines SGSNs.

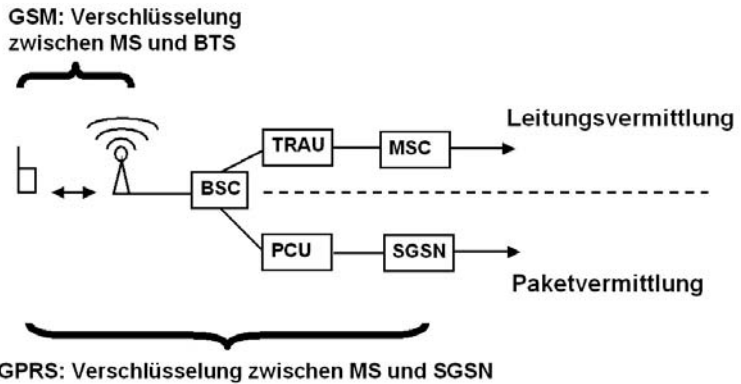


Abb. 2.18: Verschlüsselung in GSM und GPRS im Vergleich

Abgeschaltete Verschlüsselung in der Praxis

Wiedereinmal wurde in den Standards jedoch an der Sicherheit gespart und die Verschlüsselung als optional deklariert. Dies nutzen auch viele Netzbetreiber und verwenden keine GPRS Verschlüsselung. Vorteil der abgeschalteten Verschlüsselung für sie ist die höhere Teilnehmerkapazität pro SGSN.

Signalling Plane

Neben dem Weiterleiten von Daten zwischen mobilem Teilnehmer und dem GGSN ist eine weitere wichtige Aufgabe des SGSNs die Teilnehmersignalisierung. Diese Aufgabe wird von der Signalling Plane übernommen, die in zwei Bereiche aufgeteilt ist:

Session Management und PDP Context

Um als mobiler Teilnehmer Daten mit dem Internet auszutauschen, muss zunächst über das GPRS Netzwerk eine Datenverbindung aufgebaut werden. Diese Prozedur wird Packet Data Protocol (PDP) Context Activation genannt und ist Teil des Session Managements des SGSN. Aus Anwendersicht wird während der PDP Context Activation Prozedur dem Endgerät eine IP Adresse zugeteilt.

Mobility Management

Um am Netzwerk angemeldete Teilnehmer jederzeit erreichen zu können, ist der SGSN auch für die Verwaltung der Position jedes Teilnehmers in seinem Versorgungsbereich zuständig. Diese Aufgabe wird GPRS Mobility Management (GMM) genannt und ist dem Mobility Management der MSC sehr ähnlich. Zusammen mit der Session Management (SM) Komponente wird das zugehörige Protokoll auch GMM/SM genannt.

Billing

Um GPRS Dienste in Rechnung stellen zu können, sammelt der SGSN und der im Anschluss beschriebene GGSN die dazu nötigen Billing Information in Call Detail Records (CDR). Diese werden an einen Billing Server weitergeleitet. Die CDRs des SGSN sind vor allem bei Teilnehmern wichtig, die in einem ausländischen Netz roamen. Wie wir in Kapitel 2.7.2 noch genauer betrachten werden, ist bei einer GPRS Verbindung im Ausland der SGSN die einzige Komponente, die im ausländischen Netz einen CDR generieren kann. In diesem Fall dienen die CDRs des SGSN dem Netzbetreibern für die Abrechnung des Datenverkehrs des fremden Teilnehmers. Für Teilnehmer, die sich im Heimnetzwerk befinden, erzeugt hingegen auch der GGSN einen CDR und die Billing Informationen des SGSN sind somit nicht unbedingt erforderlich.

2.5.3**Der Gateway GPRS Support Node (GGSN)**

Während der SGSN das Bindeglied zwischen Radionetzwerk und GPRS Kernnetz darstellt sowie die Mobilität der Teilnehmer verwaltet, verbindet der GGSN das GPRS Netzwerk mit dem Internet. Für Geschäftskunden kann der GGSN das GPRS Netzwerk auch direkt mit dem Intranet einer Firma verbinden.

Anchor Point der IP Verbindung

Der GGSN ist am Aufbau einer Internetverbindung, also dem Aufbau eines PDP Kontextes beteiligt und vergibt die IP Adressen. Danach fungiert der GGSN als fester Bezugspunkt (Anchor Point) der Verbindung. Bewegt sich ein Teilnehmer mit einem aktiven PDP Kontext in das Gebiet eines anderen SGSN, ändert das GPRS Netzwerk entsprechend das Routing der Datenpakete zwischen dem GGSN und dem neuen SGSN. Im Internet ist dies jedoch nicht sichtbar, da der GGSN während der Verbindung niemals gewechselt wird. Dies ist auch notwendig, da Router im Internet Datenpakete für eine IP Adresse immer an das gleiche Ziel weiterleiten und ihre Routing Tabellen für mobile Teilnehmer nicht anpassen können. Durch den GGSN wird also die Mobilität des Teilnehmers vor dem Internet versteckt. Abbildung

2.19 zeigt, wie sich eine Positionsänderung des Teilnehmers im GPRS Netzwerk auswirkt.

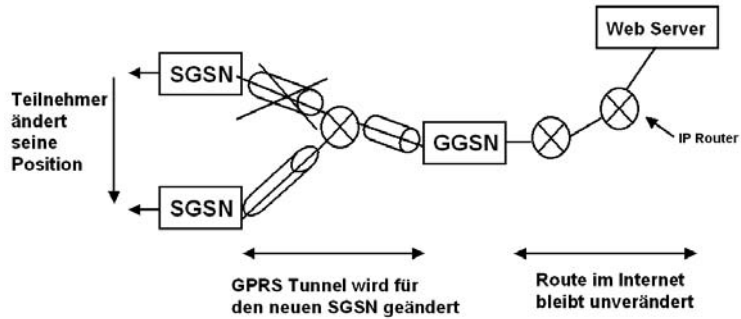


Abb. 2.19: Änderung des Aufenthaltsorts eines GPRS Teilnehmers

2.6

GPRS Radio Resource Management

Datentransfer auf der Luftschnittstelle

Wie in Abbildung 2.5 dargestellt wurde, kann ein Timeslot bei GPRS mehreren Teilnehmern gleichzeitig zugeordnet sein. Daten der unterschiedlichen Teilnehmer werden dann abwechselnd übertragen. Einem Teilnehmer können andererseits aber auch zur Steigerung seiner Übertragungsgeschwindigkeit mehrere Timeslots gleichzeitig zugeordnet sein. Die kleinste GPRS Übertragungseinheit ist dabei ein Block, der aus 4 Bursts eines Timeslots besteht.

RLC/MAC Header

Jeder Datenblock auf dem PDTCH oder PACCH besteht aus einem RLC/MAC (Radio Link Control/Medium Access Control) Header und einem Nutzdatenfeld.

Temporary Block Flow (TBF) im Downlink

Möchte das Netzwerk Daten an ein Endgerät senden, muss zuvor eine virtuelle Verbindung in Form eines Temporary Block Flow (TBF) zwischen Netzwerk und Endgerät aufgebaut werden. Dies geschieht durch Zuweisung eines Temporary Flow Identifier (TFI) in einer Packet Downlink Assignment Nachricht. Alle Datenblocks im Downlink, die für diesen Teilnehmer bestimmt sind, enthalten in ihrem RLC/MAC Header dann diesen TFI Wert. Abbildung 2.20 zeigt, wie mehrere Datenblocks nacheinander auf dem gleichen PDTCH übertragen werden. Datenblock 1 und 3 mit TFI=1 sind für das dargestellte Endgerät bestimmt. Datenblock zwei mit TFI=3 im RLC/MAC Header ist für ein anderes Endgerät bestimmt. Zwar empfängt das dargestellte Endgerät

auch diesen Datenblock, ignoriert diesen aber aufgrund des anderen TFI Wertes.

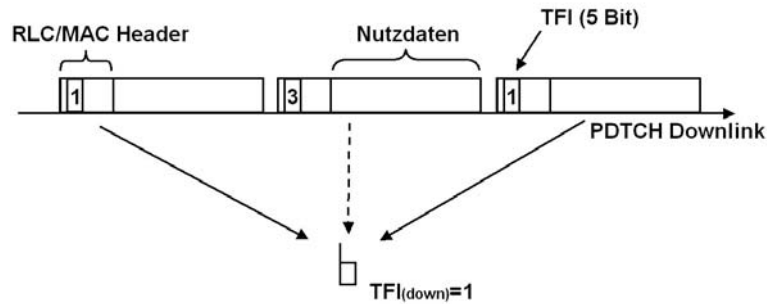


Abb. 2.20: Auswertung des TFI im Endgerät

Kontrollblocks für Downlink Daten

Die Bestätigung der Downlinkdatenblocks erfolgt über den Packet Associated Control Channel (PACCH) Uplink. Damit das Endgerät weiß, wann eine Bestätigung im Uplink gesendet werden darf, enthält ein Downlinkdatenblock des Teilnehmers im RLC/MAC Header die Information, in welchen Uplinkblocks die Bestätigungsmeldungen gesendet werden dürfen. Somit ist es möglich, Downlinkblocks zu bestätigen, ohne einen Uplink TBF zuzuteilen.

Final Block Indicator

Nachdem die PCU alle Daten eines Teilnehmers aus ihrer Sendequelle übertragen hat, wird der Downlink TBF beendet. Dazu wird im letzten Downlinkblock das Final Block Indicator Bit gesetzt. Nach Empfang des letzten Datenblocks beendet das Endgerät seine Empfangsbereitschaft und überprüft im Ready Zustand fortan nur noch den Access Grant Channel (AGCH) auf Zuteilung einer neuen Downlink Ressource.

TBF im Uplink

Auch in Uplinkrichtung muss für die Datenübertragung zuerst eine virtuelle Verbindung in Form eines Temporary Block Flows aufgebaut werden. Dem Endgerät wird wiederum wie in Downlinkrichtung ein TFI Wert zugewiesen. Dies geschieht über eine Packet Uplink Assignment Nachricht.

Uplink State Flag (USF)

Die Zuweisung eines TFI ist jedoch noch keine Sendeerlaubnis. Im Unterschied zu anderen Technologien wie z.B. Ethernet, darf ein GPRS Endgerät nur Daten senden, wenn es zuvor die Erlaubnis vom Netzwerk erhalten hat. In den Standards gibt es mehrere Möglichkeiten, wie diese Zuteilung (Allocation) erfolgen kann. Die heute gebräuchlichste Art ist die Dynamic Allocation. Dazu wird dem Endgerät in einer Packet Uplink Assignment

Nachricht neben den zugewiesenen Timeslotnummern und seinem TFI Wert auch ein Uplink State Flag (USF) Wert übergeben. Das Endgerät überprüft fortan alle Downlinkdatenblocks in allen zugewiesenen (Uplink-) Timeslots, ob im RLC/MAC Header sein USF Wert enthalten ist. Findet das Endgerät seinen USF Wert, darf es im nächsten Uplinkblock Daten übertragen.

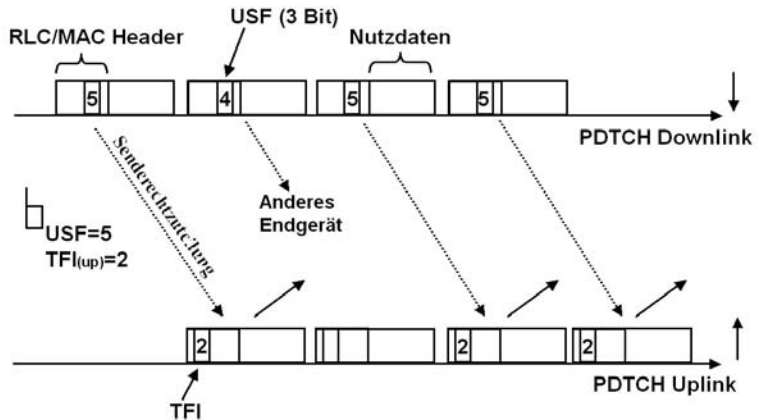


Abb. 2.21: Verwendung des Uplink State Flags.

Kontrollblocks für Uplink Daten

Während einem Endgerät ein Uplink TBF zugewiesen ist, muss das Netzwerk in Downlink Richtung die empfangenen Datenblocks bestätigen. Dies geschieht über den Packet Associated Control Channel (PACCH) Downlink. Da der PACCH und PDTCH auf den gleichen Timeslots übertragen werden, dient das Payload Type Feld im RLC/MAC Header des Datenblocks der Unterscheidung dieser zwei logischen Kanäle. Da das Endgerät in den zugewiesenen Timeslots wegen des Uplink State Flags sowieso die Datenblocks im Downlink mitlesen muss, können auch diese Kontrollnachrichten ohne zusätzlichen Aufwand empfangen werden.

Countdown Prozedur

Nachdem das Endgerät seinen Sendepuffer geleert hat, muss es dem Netzwerk signalisieren, dass keine weiteren Uplinkressourcen notwendig sind. Dies geschieht mit der Countdown Prozedur. Im RLC/MAC Header jedes Uplink Blocks befindet sich dazu ein 4 Bit Countdown Zähler, der bei der Übertragung jedes Blocks am Ende des Datentransfers vom Endgerät um 1 reduziert wird. Ist der Zähler bei 0 angekommen, vergibt die PCU keine Uplink Blocks mehr an den Teilnehmer und der Temporary Flow Identifier und das Uplink State Flag werden ungültig.

*Extended Uplink
TBF*

Zwar ist die beschriebene Handhabung eines Uplink TBF sehr effizient, in der Praxis verursacht dieses Verfahren jedoch eine große Verzögerungszeit, wenn nur sporadisch Datenpakete gesendet werden. Dies wirkt sich z.B. bei der Übertragung von Webseiten in zweierlei Weise negativ aus: Zum einen werden die TCP Acknowledgement Pakete mit großer Verzögerung gesendet und verlangsamen so den Aufbau und Start einer TCP Verbindung. Da für eine Webseite üblicherweise mehrere TCP Verbindungen geöffnet werden, um parallel mehrere Elemente wie Bilder etc. zu laden, vervielfacht sich der Effekt. Aus diesem Grund wurde der GPRS Standard nachträglich um das sogenannte Extended Uplink TBF Verfahren erweitert. Unterstützen sowohl Netzwerk wie auch Endgerät das Verfahren, wird der TBF am Ende der Countdown Prozedur nicht automatisch geschlossen, sondern kann vom Netzwerk weiter offen gehalten werden. Dies ermöglicht dem Endgerät, neue Daten im Uplink ohne neue Ressourceanforderung, also ohne Verzögerung zu senden. Tatsächlich kann man in der Praxis einen deutlichen Unterschied beim Aufbau von Webseiten gegenüber dem bisherigen Verfahren feststellen. Erste Endgeräte und Netzwerke, die das Extended Uplink TBF Verfahren unterstützen, wurden 2005 in der Praxis eingeführt.

```
[...]
RLC/MAC PACKET TIMESLOT RECONFIGURE
000111-- Message Type : 7 = packet timeslot reconfigure
-----00 Page Mode : 0 = normal paging
Global TFI:
--01111- Uplink Temporary Flow Identifier : 15
00----- Channel Coding Command : Use CS-1 in Uplink
Global Packet Timing Advance:
----0001 Uplink TA Index : 1
101----- Uplink TA Timeslot Number : 5
----0001 Downlink TA Index : 1
101----- Downlink TA Timeslot Number : 5
---0----- Downlink RLC Mode : RLC acknowledged mode
----0---- CTRL ACK : 0 = downlink TBF already established
xxxxxxxxx Downlink Temporary Flow ID: 11
xxxxxxxxx Uplink Temporary Flow ID: 15
Downlink Timeslot Allocation:
-0----- Timeslot Number 0 : 0
--0----- Timeslot Number 1 : 0
---0----- Timeslot Number 2 : 0
----0----- Timeslot Number 3 : 0
-----1-- Timeslot Number 4 : 1 = assigned
-----1-- Timeslot Number 5 : 1 = assigned
-----1-- Timeslot Number 6 : 1 = assigned
0----- Timeslot Number 7 : 0
Frequency Parameters:
--000--- Training Sequence Code : 0
xxxxxxxxx ARFCN : 067
[...]
```

Abb. 2.22: Packet Timeslot Reconfiguration Nachricht

Abbildung 2.22 zeigt den Inhalt einer Timeslot Reconfiguration Nachricht, die für die Konfigurationsänderung eines bestehenden TBFs verwendet wird. Die gezeigte Nachricht teilt einem Endgerät 3 Timeslots in Downlink Richtung zu. Außerdem enthält sie neben den TFIs für Uplink und Downlinkrichtung weitere Informationen wie den zu verwendenden Timing Advance Wert und den Coding Scheme, den das Endgerät für Datenpakete in Uplinkrichtung verwenden soll.

2.7

GPRS Schnittstellen und Protokolle

Wie bereits in der Übersicht in Abbildung 2.16 dargestellt, werden die GPRS Netzwerkelemente über standardisierte und somit offene Schnittstellen miteinander verbunden. Mit Ausnahme der PCUs, die vom gleichen Hersteller wie die BSCs in einem Netzwerk sein müssen, können alle anderen Netzwerkkomponenten frei gewählt werden. Eine PCU von Nokia kann z.B. an einen SGSN von Nortel Networks angeschlossen werden, der wiederum mit einem GGSN von Cisco verbunden sein könnte. Natürlich können auch alle Komponenten auch vom gleichen Netzwerkhersteller sein, da die meisten Hersteller alle Komponenten eines GPRS Netzwerkes anbieten.

Abis Interface

Das Abis Interface verbindet die BTS mit dem BSC. Auf allen Timeslots, in denen im Radionetzwerk GPRS PDTCHs konfiguriert sind, kommt der Protokollstack wie in Abbildung 2.23 gezeigt, zum Einsatz. Üblicherweise werden die Daten transparent auf das nicht standardisierte Interface zwischen BSC und PCU weitergegeben. Auf den unteren Layern des Protokollstacks wird das RLC/MAC Protokoll für das Radio Ressource Management verwendet. Eine Protokollschicht höher sorgt das Logical Link Control Protocol (LLC) für das Framing der Nutzdatenpakete und Signalisierungsnachrichten (Mobility Management/Session Management). Optional sorgt das LLC Protokoll auch für eine gesicherte Verbindung zwischen Endgerät und SGSN durch einen Bestätigungsmechanismus für korrekt empfangene Blocks (Acknowledged Mode). Eine Stufe höher verpackt das Subnetwork Dependant Convergence Protocol (SNDP) die IP Nutzdatenpakete für den korrekten Versand über das Radionetzwerk. Optional führt SNDP auch eine Kompression der IP Header der Nutzdaten oder eine Kompression der kompletten Nutzdatenpakete durch. Diese elegante Art der Geschwindigkeitssteigerung wird leider nur von wenigen Endgeräten unterstützt. Der LLC Layer und alle höheren Schichten sind für die PCU, BSC und BTS

transparent, da sie für eine Ende zu Ende Verbindung im Radionetzwerk sorgen.

Gb Interface

Das Gb Interface verbindet den SGSN mit der PCU. Auf Layer 1 werden für dieses Interface hauptsächlich 2 MBit/s E-1 Verbindungen verwendet. Ein SGSN verwaltet in der Praxis mehrere PCUs, die jeweils mit mehreren 2 MBit/s Leitungen an den SGSN angeschlossen sind. Auf Layer 2 und 3 des Protokollstacks wird das Frame Relay Protokoll verwendet, das in der Telekommunikationswelt seit vielen Jahren zum Einsatz kommt und für den Versand von Paketdaten über E-1 Leitungen bestens geeignet ist. Nachteil ist jedoch, dass die Nutzdaten für den Versand über das Gb Interface in Frame Relay Pakete eingepackt werden müssen.

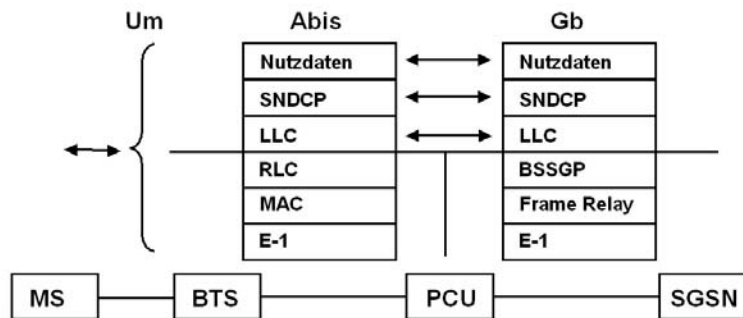


Abb. 2.23: GPRS Protokollstacks im Radionetzwerk

Gn Interface

Das Gn Interface verbindet SGSNs mit GGSNs innerhalb eines GPRS Netzwerkes und wird in 3GPP TS 29.060 spezifiziert. Je nach Größe des Netzwerkes besteht ein GPRS Netzwerk aus einem oder mehreren SGSNs. Auch die Anzahl der GGSNs, die üblicherweise aber geringer als die Anzahl der SGSNs ist, wird maßgeblich von der Anzahl der Nutzer des Netzwerkes bestimmt.

Lastverteilung, Aufgabenteilung und Redundanz

Weiterhin ist es möglich, unterschiedliche GGSNs für unterschiedliche Anwendungen zu verwenden. Während ein oder mehrere GGSNs z.B. für Vertragskunden zuständig sein könnten, sind andere speziell auf die Bereitstellung des GPRS Dienstes für Prepaid Subscriber spezialisiert. Es spricht aber auch nichts dagegen, für alle Teilnehmer den gleichen GGSN zu verwenden. Oft werden auch aus Redundanzgründen mehrere GGSN im Netzwerk eingesetzt, die dann in unterschiedlichen Städten untergebracht sind. Beim Ausfall eines Standorts können neue Verbindungen automatisch umgelenkt werden.

IP als Grundlage für das Gn Interface

Auf Layer 3 des OSI Protokollstacks (Network Layer), wird auf dem Gn Interface das IP Protokoll für das Routing alle Nutzdatenpakete der Teilnehmer sowie für Signalisierungsnachrichten zwischen SGSNs und GGSNs verwendet. Werden SGSN und GGSN physikalisch nebeneinander aufgestellt, kommt auf den unteren Layern oft eine oder mehrere 100 Mbit/s Ethernet Verbindungen zum Einsatz. Für große Entfernungen wird von den Netzbetreibern jedoch ATM über STM Verbindungen (z.B. STM-1 mit 155 MBit/s) bevorzugt. Aus Redundanz und Kapazitätsgründen werden oft mehrere Leitungen parallel verwendet.

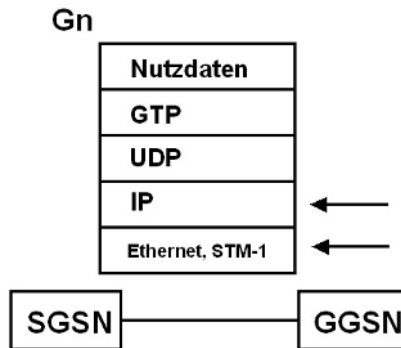


Abb. 2.24: Der Gn Protokoll Stack

GTP

Nutzdatenpakete der Teilnehmer werden auf dem Gn Interface nicht direkt, sondern in GPRS Tunneling Protocol (GTP) Paketen verpackt übertragen. Dies erzeugt zwar zusätzlichen Overhead im GPRS Kernnetz, ist aber aus folgenden Gründen notwendig:

Statisches Routing im Internet

Jeder Router im Internet zwischen GGSN und Ziel entscheidet anhand der IP Zieladresse des Datenpaketes und einer Routing Tabelle, wohin das Datenpaket weitergeleitet werden soll. Da sich die Position eines Teilnehmers im Internet nicht ändert, ist dieses Verfahren sehr effizient. Im GPRS Netzwerk kann dieses

Dynamisches Routing im GPRS Netzwerk mit GTP

Verfahren jedoch nicht angewandt werden, da die Teilnehmer jederzeit ihren Standort wechseln können. Somit kann sich wie schon in Abbildung 2.19 gezeigt, die Route für die Datenpakete durch das GPRS Netzwerk jederzeit ändern. Da zwischen GGSN und SGSN beliebig viele IP Router geschaltet sein können, müsste in jedem Router im GPRS Netzwerk bei einer Positionsänderung des Teilnehmers das Routing für seine IP Adresse geändert werden. Um dies zu vermeiden, wird innerhalb des GPRS Netzwerkes nicht mit der Quell- und Ziel IP Adresse des Nutzdaten-

paketes geroutet, sondern es werden die IP Adressen von SGSN und GGSN verwendet. Das eigentliche Nutzdatenpaket wird zwischen dem SGSN und GGSN in ein GTP Paket eingepackt und läuft somit transparent durch das GPRS Netzwerk. Ändert sich später die Position des Teilnehmers, muss dem GGSN nur die IP Adresse des neuen SGSNs mitgeteilt werden. Der große Vorteil dieses Verfahrens ist somit, dass die Router zwischen SGSN und GGSN ihre Routing Tabellen nicht ändern müssen.

Abbildung 2.25 zeigt die wichtigsten Parameter der Protokollschichten eines Pakets auf dem Gn Interface. Die IP Adressen auf Layer 3 stammen vom SGSN und GGSN, während die IP Adressen des Nutzdatenpaketes, das in einem GTP Paket eingepackt ist, die IP Adressen des Teilnehmers und des angesprochenen Servers im Internet enthält. Dies bedeutet paradoxerweise, dass in einem GTP Datenpaket zwei IP Header vorhanden sind. Erhält der GGSN ein GTP Paket von einem SGSN, entfernt dieser alle Header inklusive des GTP Headers. Danach wird das vom Teilnehmer ursprünglich gesendete IP Paket auf dem Gi Interface zum Internet weitergesendet.

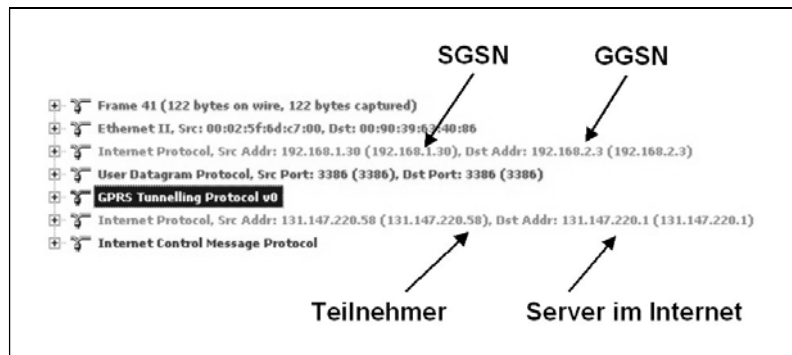


Abb 2.25: GTP Paket auf dem Gn Interface.

Gi Interface

Das Gi Interface verbindet das GPRS Netzwerk über den GGSN mit einem externen Netzwerk. Aus Sicht des externen Netzwerkes verhält sich der GGSN wie ein ganz normaler IP Router. Während die Nutzdaten der Teilnehmer innerhalb des GPRS Netzwerkes in GTP Pakete eingepackt werden, sind die Nutzdatenpakete auf dem Gi Interface wieder in ihrer originalen Form als IP Pakete auf Layer 3 präsent. Auf Layer 1 und 2 können je nach Anwendungsfall wieder Ethernet oder ATM über STM Verbindungen verwendet werden. Aus Redundanzgründen oder um

die verfügbare Bandbreite zu erhöhen, kann auch dieses Interface gleichzeitig über mehrere Verbindungen an den oder die nächsten Router im Internet oder dem Firmennetzwerk angeschlossen sein.

Gr Interface

Über das Gr Interface kommuniziert der SGSN mit dem HLR. Diese Verbindung ist nötig, da das HLR für jeden Teilnehmer dessen Berechtigungen für GPRS speichert. Dazu gehört unter anderem:

- Ob ein Teilnehmer den GPRS Dienst nutzen darf
- Welche Dienste von einem Teilnehmer verwendet werden dürfen (Access Point Names, APN)
- Internationales GPRS Roaming und Beschränkungen

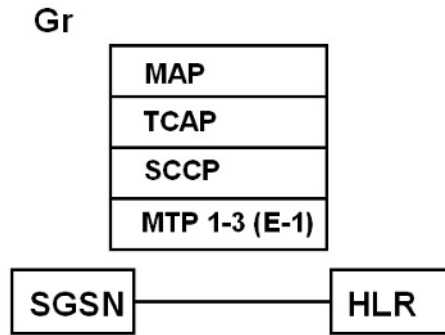


Abb. 2.26: Der Gr Protokoll Stack

Wie in Kapitel 1 gezeigt wurde, ist das HLR ein SS-7 Signalling Control Point (SCP). Aus diesem Grund ist das Gr Interface auf E-1 Trunks und dem SS-7 Protokoll aufgebaut. Für die Signalisierungsnachrichten kommt das Mobile Application Part (MAP) Protokoll zur Anwendung, das auch die MSC für die Kommunikation mit dem HLR verwendet. Nachfolgend einige Beispiele für Nachrichten zwischen SGSN und HLR:

- Send Authentication Information: Diese Nachricht wird vom SGSN zum HLR geschickt, wenn sich ein Teilnehmer am Netzwerk anmeldet, um dessen Authentifizierungsdaten zu erhalten.

- Update Location: Mit dieser Nachricht informiert der SGSN das HLR, dass sich ein Teilnehmer in seinem Versorgungsgebiet angemeldet hat und erfolgreich identifiziert wurde.
- Insert Subscriber Data: Als Antwort auf die Update Location Nachricht liefert das HLR dem SGSN Informationen zurück, welche Dienste der Teilnehmer im GPRS Netzwerk verwenden darf.

Gp Interface

Das Gp Interface wird verwendet, um GPRS Netzwerke unterschiedlicher Länder miteinander zu verbinden und somit GPRS International Roaming zu ermöglichen. Das Gp Interface kann auch verwendet werden, um zwei nationale GPRS Netzwerke miteinander zu verbinden, falls zwei oder mehr Netzbetreiber eines Landes Teile ihrer Netzwerkkressourcen gemeinsam nutzen. Die Nutzdaten der Teilnehmer werden über das Gp Interface zwischen dem SGSN im besuchten Netzwerk und dem GGSN im Heimatnetzwerk in gleicher Weise wie über das netzwerkinterne Gn Interface übertragen.

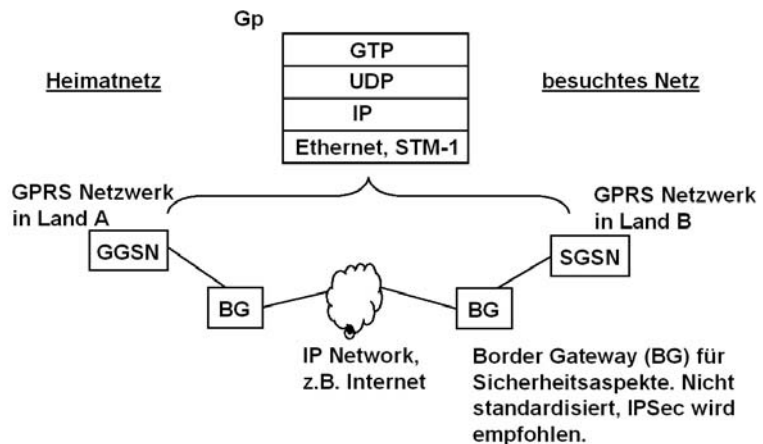


Abb. 2.27: Gp Interface für internationales Roaming

Einfaches Roaming mit GPRS

Befindet sich ein deutscher Teilnehmer z.B. in Spanien und nutzt GPRS für die Datenübertragung, werden seine Daten vom SGSN in Spanien an den GGSN im deutschen Heimatnetz übertragen. Von dort aus werden seine Datenpakete dann ins Internet weitergeleitet. Zunächst scheint dies wenig sinnvoll, da für die Daten des Teilnehmers theoretisch nicht nur der SGSN, sondern

auch der GGSN in Spanien genutzt werden könnte. Der große Vorteil der Verwendung des Gp Interfaces und des GGSN im Heimatnetzwerk des Teilnehmers ist jedoch, dass keine Einstellungen im Endgerät für das Roaming geändert werden müssen.

Die einfache Interneteinwahl im Ausland ohne jegliche Änderung der Konfiguration erweist sich in der Praxis als unschätzbare Vorteil gegenüber bisherigen Vorgehensweisen. So scheitern Modemverbindungen im Ausland oft schon daran, dass entweder überhaupt kein Festnetzanschluss verfügbar ist, oder die entsprechenden Telefonkabel und Stecker nicht international kompatibel sind. Ist ein entsprechender Adapter vorhanden oder möchte der Reisende eine leitungsvermittelte GSM Datenverbindung verwenden, stellt sich als nächstes die Frage, über welchen Serviceprovider die Internetverbindung aufgebaut werden kann. Ein ausländischer Serviceprovider kommt in den meisten Fällen nicht in Betracht, da hier meist eine Anmeldung nötig ist. Bleibt der eigene Internetprovider im Heimatland, der aber nur zu teureren Roamingpreisen aus dem Ausland erreichbar ist. Oft ist auch das nicht möglich, da die nationalen Einwahlnummern mit spezieller Vorwahl aus dem Ausland nicht angerufen werden können.

*SS-7 Verbindung
für GPRS
Roaming*

Über das Gp Interface werden nur IP Nutz- und Signisierungsdaten zwischen SGSNs und GGSNs unterschiedlicher GPRS Netzwerke ausgetauscht. Um GPRS Roaming zu ermöglichen, muss ein SGSN noch zusätzlich über das Gr Interface auch Zugriff auf das HLR im Heimatnetzwerk des Teilnehmers haben.

Gs Interface

Das Gs Interface ist ein optionales Interface und verbindet die SGSNs des paketvermittelnden GPRS Teilnetzwerks mit den MSCs des leitungsvermittelnden GSM Netzwerkes. Die Vorteile, die sich durch Verwendung dieses Interfaces ergeben, wurden bereits in Kapitel 2.2.5 (Network Operation Mode 1) beschrieben.

2.8

GPRS Mobility und Session Management (GMM/SM)

Neben der Weiterleitung der Nutzdaten zwischen den Teilnehmern und dem Internet sind zwei weitere wesentliche Aufgaben des GPRS Netzwerkes die Mobilitätsverwaltung der Teilnehmer (Mobility Management) sowie die Kontrolle der Nutzdatenverbindungen (Session Management). Zu diesem Zweck wurden in den GPRS Standards auf den unterschiedlichen Interfaces Signisierungsnachrichten und Signisierungsabläufe definiert. Diese

Abläufe werden unter dem Begriff GPRS Mobility Management and Session Management, kurz GMM/SM zusammengefasst.

2.8.1 Mobility Management Aufgaben

GPRS Attach

Bevor über ein Endgerät eine Verbindung zu einem externen Netzwerk wie dem Internet aufgebaut werden kann, muss sich das Endgerät zunächst am GPRS Netzwerk anmelden. Dieser Anmeldevorgang wird GPRS Attach genannt und ist Abbildung 2.28 dargestellt. Das Endgerät beginnt diese Prozedur mit einer Attach Request Nachricht, die entweder seine IMSI oder die Packet Temporary Mobile Subscriber Identity (P-TMSI) enthält, die beim letzten Anmeldevorgang oder Routing Area Update vergeben wurde. Die P-TMSI wird auch Temporary Logical Link ID (TLLI) genannt. Somit wird die IMSI nur selten verwendet und die wahre Identität des Teilnehmers ist so nur dem Netzwerk bekannt.

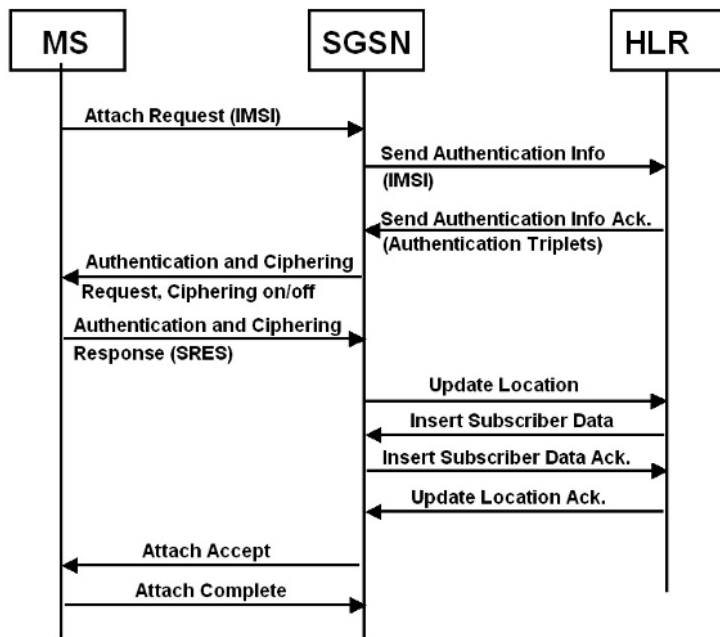


Abb. 2.28: GPRS Attach Message Flow

Sicherheit

Beim ersten Attach an einem SGSN mit der IMSI kennt der SGSN den Teilnehmer nicht. Deshalb fordert der SGSN daraufhin wie

in Abbildung 2.28 gezeigt, die Authentifizierungsdaten mit einer Send Authentication Information Nachricht beim HLR/Authentication Center (AC) an. Das HLR/AC liefert als Antwort ein oder mehrere Authentication Triplets, deren Erzeugung bereits in Kapitel 1.6.4 beschrieben wurde. Die zurückgegebene Zufallszahl RAND wird danach vom SGSN in einer „Authentication and Ciphering Request“ Nachricht dem Endgerät übergeben. Das Endgerät berechnet dann in der SIM Karte die Antwort (SRES) und antwortet mit einer Authentication and Ciphering Response Nachricht. Im SGSN wird daraufhin die von Endgerät erhaltene Antwort mit der SRES des HLR/Authentication Centers verglichen. Stimmt sie überein, ist der Teilnehmer erfolgreich authentifiziert.

Während bei GSM die Verschlüsselung mit einer weiteren Nachricht aktiviert wird, enthält in GPRS schon die Authentication and Ciphering Request Nachricht diesen Befehl. Wird die Verschlüsselung also gleichzeitig mit der Authentifizierung aktiviert (optional), werden alle nachfolgenden Signalisierungs- und Nutzdatenpakete verschlüsselt von und zum SGSN übertragen.

*Update Location
und
Insert Subscriber
Data*

Im nächsten Schritt informiert der SGSN das HLR über den Aufenthaltsort des Teilnehmers mit einer Update Location Nachricht. Das HLR sendet daraufhin die Daten des Teilnehmers mit einer Insert Subscriber Data Nachricht zum SGSN. Danach wird dem Endgerät die erfolgreiche Anmeldung mit einer Attach Accept Nachricht bestätigt und das Endgerät beendet den Dialog mit einem Attach Complete.

Abbildung 2.29 zeigt Auszüge aus dem Inhalt einer GPRS Attach Nachricht, die auf dem Gb Interface aufgezeichnet wurde. Die Nachricht enthält unter anderem die beim letzten Location Update oder Attach vergebene TMSI und Informationen über die letzte Position (MCC, MNC, LAC und RAC) des Teilnehmers. Außerdem enthält die Nachricht Informationen über die technischen Fähigkeiten des Endgeräts wie z.B. die Multislot Klasse, welche Frequenzbänder unterstützt werden (900 MHz, 1800 MHz,...), etc. Somit ist es möglich, mit der Zeit die GPRS Fähigkeiten neuer Endgeräte zu erweitern (z.B. bessere Multislot Klasse) und netzwerkseitig nur Funktionalitäten zu nutzen, die ein Endgerät auch unterstützt.

```

[...]
Mobility Management: ATTACH REQUEST
MS Network Capability:
1----- GPRS encryption algorithm GEA/1: 1 = available
[...]
-----001 Attach Type : 001bin = GPRS attach
-100---- GPRS Ciphering Key Sequence Number : 100bin
DRX Parameter
01000000 Split PG cycle code : 64 = 64
-----011 Non-DRX timer: max. 4 sec non-DRX mode after transfer state
-----0--- SPLIT on CCCH: not supported
Mobile Identity
-----100 Type of identity: TMSI
-----0--- Parity: 0 = even
xxxxxxxh TMSI: D4CC3EC4h
Old Routing Area Identification
xxxxxxxh Mobile Country Code: 232
xxxxxxxh Mobile Network Code: 03
xxxxxxxh Location area code: 6F32h
00000001 Routing area code: 0Fh
MS Radio Access Capability
0001---- Access technology type: 1 = GSM E (900 MHz Band)
Access capabilities
---100-- RF power capability: 4h
A5 bits
-----1 A5/1: 1 = Encryption algorithm available
1----- A5/2: 1 = Encryption algorithm available
-0----- A5/3: 0 = Encryption algorithm not available
[...]
-----1- ES IND : 1h = early Classmark Sending is implemented
[...]
Multislot capability
xxxxxxxh GPRS multi slot class: 4 (3 downlink + 1 uplink)
--0----- GPRS extended dynamic allocation: not implemented
----1101 Switch-measure-switch value: 0
1000---- Switch-measure value: 8
xxxxxxxh Access technology type: 3 = GSM 1800
xxxxxxxh Access capabilities
001---- RF power capability: 1
----1--- ES IND: 1 = early Classmark Sending is implemented
[...]

```

Abb. 2.29: Auszüge aus einer GPRS Attach Request Nachricht nach 3GPP TS 04.08, 9.4.1

Cancel Location

War der Teilnehmer zuvor bei einem anderen SGSN registriert, ist die Prozedur noch etwas umfangreicher. Vor Abschluss der Prozedur muss dann das HLR mit einer Cancel Location Nachricht zuerst die Daten im bisherigen SGSN löschen. Erst danach übergibt das HLR die Teilnehmerdaten an den neuen SGSN.

Gleichzeitiger GSM und GPRS Attach

Ist das Gs Interface zwischen MSC und SGSN im Netzwerk vorhanden (NOM 1), kann der GSM Attach und der GPRS Attach in einem Vorgang durchgeführt werden. Dies beschleunigt den Vorgang für das Endgerät und reduziert den Signalaufwand im Radionetzwerk. Über das Gs Interface gibt der SGSN die Attach Nachricht auch an die für die Location Area des Teilnehmers zuständige MSC weiter.

Routing Area Update (RAU)

Die zweite wichtige Mobility Management Aufgabe ist der Routing Area Update (RAU). Ähnlich dem GSM Location Update muss dieser immer dann durchgeführt werden, wenn das Endgerät zu einer Zelle wechselt (Cell Update), die zu einer anderen Routing Area gehört. Eine Routing Area ist ein Teilbereich einer GSM Location Area oder kann mit ihr identisch sein. Die Durchführung des Routing Area Updates ist dem GSM Location Update sehr ähnlich (siehe Kapitel 1.8.1). Falls das Gs Interface zwischen MSC und SGSN vorhanden ist, kann der GSM Location Area Update und der GPRS Routing Area Update vom Endgerät gleichzeitig durchgeführt werden. Der SGSN gibt dann die entsprechenden Informationen an die zuständige MSC weiter.

Inter SGSN Routing Area Update (IRAU)

Wechselt ein Endgerät in eine Zelle, die in einer Routing Area eines neuen SGSNs liegt, findet aus Endgerätesicht ein ganz normaler Routing Area Update statt. Der neue SGSN kennt jedoch den Teilnehmer nicht und muss sich erst dessen Authentifizierungs- und Teilnehmerdaten besorgen. Da die Routing Area Update Nachricht Informationen über die vorherige Routing Area enthält, kann der neue SGSN danach beim alten SGSN diese Informationen anfordern. Dies dient auch gleichzeitig dazu, dass der bisherige SGSN bis auf weiteres alle vom GGSN eingehenden Nutzdatenpakete an den neuen SGSN weiterleitet, um möglichst keine Nutzdaten zu verlieren. Damit der GGSN in Zukunft seine Nutzdaten direkt an den neuen SGSN schickt, informiert der neue SGSN als nächstes den GGSN über den neuen Aufenthaltsort des Teilnehmers. Zum Schluss wird auch das HLR vom neuen Standort des Teilnehmers informiert und die Teilnehmerdaten im alten SGSN gelöscht. Details dieser Prozedur sind in 3GPP TS 23.060 in Kapitel 6.9.1.2.2 beschrieben.

2.8.2

GPRS Session Management

PDP Context Activation

Nachdem sich das Endgerät über die Attach Prozedur am Netzwerk angemeldet hat, kann nun für die Kommunikation mit dem Internet oder Firmenintranet ein sogenannter Packet Data Protocol (PDP) Kontext beim Netzwerk beantragt werden. Aus Sicht des Benutzers ist diese Prozedur nötig, um eine IP Adresse zu erhalten.

Packet Call

Eine paketvermittelnde Verbindung wird in Anlehnung an einen „Voice Call“ auch als „Packet Call“ bezeichnet, da im GPRS Netz die Paketverbindung ähnlich einer leitungsvermittelten Telefonverbindung explizit auf- und abgebaut wird. Großer Unterschied ist jedoch, dass bei einem Packet Call nur Ressourcen verwendet

werden, wenn tatsächlich Daten übertragen werden. Somit ist der PDP Kontext eines Packet Calls nur eine logische Verbindung, die nur physikalische Ressourcen benötigt, wenn auch tatsächlich Daten übertragen werden. Auch wenn keine Daten übertragen werden, kann der PDP Kontext über Minuten, Stunden oder sogar Tage aktiv bleiben. Dies wird auch als „Always On“ Funktionalität bezeichnet.

Access Point Name (APN)

Abbildung 2.30 zeigt den Ablauf einer PDP Context Activation Prozedur. Diese wird durch eine PDP Context Activation Request Nachricht vom Endgerät an den SGSN gestartet. Wichtigster Parameter ist der sogenannte Access Point Name (APN). Der APN dient dem SGSN dazu, den richtigen GGSN (Access Point) für den Übergang ins Internet für den Teilnehmer zu finden. Ein Netzbetreiber hat somit die Möglichkeit, viele unterschiedliche Dienste anzubieten. Dazu gehören zum Beispiel:

- Eine direkte Verbindung mit dem Internet
- Eine direkte Verbindung mit dem Internet für Prepaid Kunden
- Eine IP Verbindung zu einem WAP Gateway
- Eine IP Verbindung zu einem WAP Gateway für Prepaid Kunden
- Eine direkte IP Verbindung zu einem Firmennetzwerk

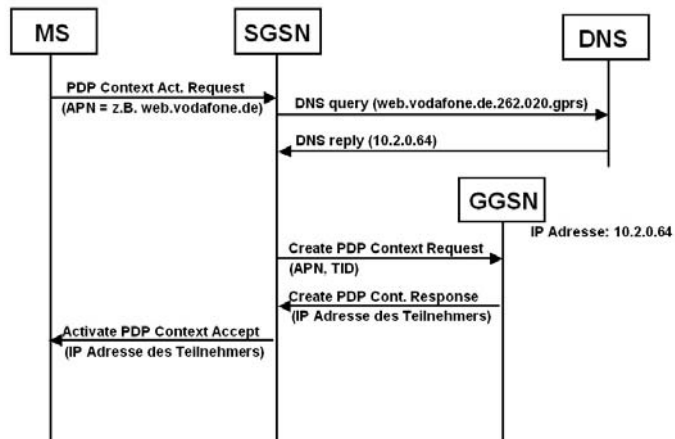


Abb. 2.30: Aufbau eines PDP Kontext

APN und das Domain Name System (DNS)

Der SGSN ermittelt mit dem übergebenen APN die IP Adresse des zu diesem APN gehörenden GGSNs. Für die Namensauflösung in eine IP Adresse verwendet das GPRS Netzwerk das Domain Name System (DNS). DNS Server werden auch im Internet verwendet, um z.B. beim Webbrowser den Namen einer Webseite wie z.B. www.spiegel.de in die IP Adresse des Webservers der Spiegelredaktion umzuwandeln. Um die Adresse des GGSNs zu finden, geht der SGSN in genau gleicher Weise mit einem APN vor. Aus diesem Grund muss sich der Netzbetreiber bei der Vergabe von Namen für APNs auch an die Regeln der DNS Namensgebung halten. Um den APN international eindeutig zu machen, fügt der SGSN an das Ende des APN automatisch den Mobile Country Code (MCC) und den Mobile Network Code (MNC) aus der IMSI des Teilnehmers, sowie die Top Level Domain .gprs hinzu. Übergibt der Teilnehmer z.B. als APN den String „web.vodafone.de“ an das GPRS Netzwerk, ermittelt der SGSN über eine DNS Anfrage und den erweiterten APN „web.vodafone.de.262.020.gprs“ die IP Adresse des zuständigen GGSNs.

GPRS Roaming

Da der APN durch Anfügen des MCC und MNC weltweit eindeutig ist, kann ein Teilnehmer ohne Änderungen seiner GPRS Einstellungen auch in einem ausländischen Netz roamen. Damit die internationale APN Namensauflösung erfolgreich ist, müssen alle Domain Name Server der zusammenschalteten GPRS Netzwerke verbunden und kaskadiert sein. Weiterhin muss für das GPRS Roaming auch eine SS-7 Signalisierungsverbindung mit dem HLR im Heimatnetzwerk für die Attach Prozedur vorhanden sein (Gr Interface), sowie eine IP Verbindung für die Nutzdaten und Signalisierungsdaten zwischen SGSN und GGSN (Gp Interface).

Tunnel ID (TID)

Nachdem die IP Adresse des für den APN zuständigen GGSNs bekannt ist, leitet der SGSN die PDP Context Activation Anforderung an den GGSN weiter. Teil dieser Nachricht ist der vom Teilnehmer gewünschte APN, sowie seine IMSI. Um später die Nutzdatenpakete des Teilnehmers transparent durch das GPRS Netzwerk leiten zu können (tunneln), vergibt der SGSN eine sogenannte Tunnel ID (TID) für diesen PDP Kontext. Diese ist ebenfalls Teil der Nachricht an den GGSN. Die TID wird dabei aus der IMSI des Teilnehmers und einem zwei Stellen langen Network Subsystem Access Point Identifier (NSAPI) zusammengesetzt. Der NSAPI ist notwendig, da ein Teilnehmer theoretisch

mehrere PDP Kontexte gleichzeitig aufgebaut haben kann. In der Praxis wird dies aber bisher nicht eingesetzt.

Zuteilung einer IP Adresse

Anhand der APN überprüft der GGSN, mit welchem Netzwerk der Teilnehmer verbunden werden soll. Optional gibt es noch die Möglichkeit, einen Benutzernamen und ein Passwort zwischen Teilnehmer und GGSN in der PDP Context Activation Nachricht auszutauschen. Dies wird in der Praxis von manchen Netzwerkbetreibern verwendet, was die Konfiguration des Endgeräts unnötig kompliziert. Stimmt auch der GGSN dem Verbindungswunsch zu, vergibt er für den PDP Kontext eine IP Adresse und schickt diese in einer PDP Context Activation Response Nachricht an den SGSN zurück. Außerdem speichert der GGSN für diese Verbindung folgende Informationen:

- TID des Teilnehmers
- IP Adresse des SGSN für den Austausch von Nutzdaten
- IP Adresse des SGSN für den Austausch von GPRS Signalisierungsdaten
- Die für den Teilnehmer vergebene IP Adresse

Nach Erhalt der PDP Context Activation Response Nachricht speichert der SGSN die IP Adresse des GGSNs in seinem Eintrag für den neuen PDP Kontext, da fortan alle Datenpakete des Teilnehmers an diese IP Adresse weitergeleitet werden. Im letzten Schritt schickt der SGSN eine PDP Context Activation Accept Nachricht an das Endgerät zurück und übergibt darin die vom GGSN zugewiesene IP Adresse.

Zusammenhang zwischen TFI, P-TMSI, TID und IP-Adresse

In den verschiedenen Netzwerkabschnitten werden die Datenpakete eines Teilnehmers aufgrund der unterschiedlichen Netzwerkprotokolle und Paketgrößen auch unterschiedlich identifiziert. Auf der Luftschnittstelle mit seinen kleinen Datenpaketen von 456 Bit = 57 Bytes abzüglich Fehlerkorrektur, wird der Teilnehmer mit dem 3 Bit Temporary Flow Identifier (TFI) adressiert. Im Radio Netzwerk wird der Teilnehmer mit der P-TMSI/TLI identifiziert und im Kernnetzwerk mit der GPRS Tunnel ID (TID). Nur im externen Netzwerk wie dem Internet wird die zugewiesene IP Adresse des Teilnehmers für das Routing der Datenpakete verwendet. Abbildung 2.31 zeigt diese unterschiedliche Teilnehmeridentifizierung im Überblick.

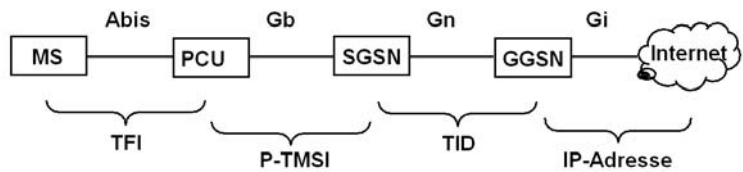


Abb. 2.31: Identifikation der Teilnehmerpakete im GPRS Netzwerk

2.9

Session Management aus Anwendersicht

Aus Anwendersicht wird ein PDP Kontext in zwei Fällen aufgebaut:

Interne Anwendung

Ein im Mobiltelefon eingebauter Client wie z.B. ein WAP Browser wird für das Abrufen von Informationen aus dem Internet verwendet. Alle relevanten Einstellungen für diese GPRS Verbindung müssen dazu im Endgerät konfiguriert werden. In vielen Fällen werden Mobiltelefone schon bei Auslieferung vorkonfiguriert und können sofort verwendet werden.

Externe Anwendung

Ein Teilnehmer verwendet ein Datenendgerät wie z.B. ein Notebook oder einen PDA, um über das Mobiltelefon mit dem Internet Verbindung aufzunehmen. Das Mobiltelefon dient in diesem Fall nur als externe Schnittstelle zum Internet. Für eine solche Verbindung sind die GPRS Einstellungen nicht im Mobiltelefon, sondern im Datenendgerät vorzunehmen.

Verwendung des DFÜ-Netzwerkes

Wird das Mobiltelefon als externe Schnittstelle zum Internet von einem Datenendgerät verwendet, kann der in allen Betriebssystemen vorhandene Modemstack, in Microsoft Windows auch DFÜ-Netzwerk genannt, zum Aufbau einer Internetverbindung verwendet werden. Der nächste Abschnitt zeigt deshalb zunächst, wie der Modemstack normalerweise verwendet wird, um eine Internetverbindung über ein Festnetzmodem oder eine leitungsvermittelte GSM Verbindung aufzubauen. Im nächsten Schritt wird dann gezeigt, wie sich eine Modemverbindung von einer GPRS Verbindung unterscheidet und welche zusätzlichen Einstellungen für GPRS deshalb auf dem Datenendgerät, also dem Notebook oder dem PDA notwendig sind.

2.9.1

Leitungsvermittelter Verbindungsaufbau

AT-Kommandos

Ein Modem bietet für die Verbindungsaufnahme mit einer Gegenstelle eine textbasierte Kommandoschnittstelle an, die AT-

Interface genannt wird. Um zum Beispiel eine Telefonnummer zu wählen, wird dem Modem das Kommando ATD zusammen mit der Telefonnummer (z.B. ATD 0899011782) übergeben. Das Modem wählt daraufhin diese Nummer und stellt eine Datenverbindung mit dem Dial In Server Modem des Internet Service Providers (ISP) her. War der Verbindungsaufbau erfolgreich, sendet das Modem eine CONNECT Nachricht mit der ausgehandelten Übertragungsgeschwindigkeit an das Datenendgerät zurück (z.B. CONNECT 38400). Daraufhin wechselt das Modem aus dem Kommandomodus in den Übertragungsmodus und leitet alle Daten von nun an transparent weiter.

PPP Verbindung

Um Datenpakete über diese transparente serielle Verbindung zu übertragen, verwendet das DFÜ-Netzwerk das Point to Point Protocol (PPP). Der PPP Client ist dabei das Endgerät, der PPP Server der Dial In Server des Internet Service Providers.

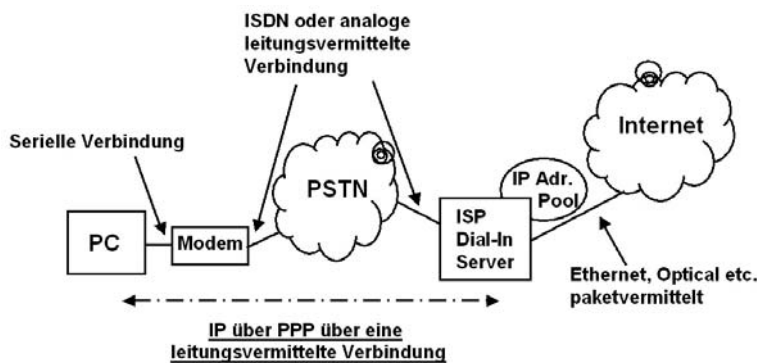


Abb. 2.32: Internetverbindung per Modem und PPP

Nach dem Verbindungsaufbau wird mit dem PPP Protokoll zunächst der Teilnehmer authentifiziert. Nach erfolgreicher Authentifizierung übermittelt der PPP Server dann dem Teilnehmer alle für die nachfolgende IP Übertragung nötigen Parameter. Dazu gehört insbesondere die IP Adresse für das Endgerät, sowie die IP Adresse des DNS Servers für die Namensauflösung. In der danach beginnenden Datenübertragungsphase ist es die Aufgabe des PPP Protokolls, IP Pakete über die transparente Verbindung zu übertragen. Um den Anfang und das Ende jedes Paketes auf der anderen Seite auch korrekt erkennen zu können, fügt das PPP Protokoll eine Start- und Endekennung, sowie einen Header an die vom IP Layer erhaltenen Pakete an.

2.9.2 GPRS Verbindungsaufbau

GPRS unterscheidet sich von einer leitungsvermittelten Verbindung in folgenden Punkten:

- GPRS ist bereits eine paketvermittelte Verbindung zum Internet, es gibt keine leitungsvermittelte Verbindung mehr zum ISP Dial In Server.
- Es gibt keine Telefonnummer die beim Verbindungsaufbau gewählt werden müsste.
- Es gibt keinen PPP Server, zu dem sich ein Client verbinden könnte. Im GPRS Netzwerk vergibt der GGSN die IP Adressen der Teilnehmer während der PDP Context Activation Prozedur.

GPRS mit dem DFÜ-Netzwerk

Aus diesen Gründen ist die für eine leitungsvermittelte Verbindung vorgestellte Prozedur für die Kontaktaufnahme mit dem Internet eigentlich wenig geeignet. Um aber keine spezielle Software für die Internetwahl per GPRS für Datenendgeräte entwickeln zu müssen, wurde das Verfahren wie folgt für GPRS Verbindungen angepasst:

PPP Server im Mobiltelefon

Um den PPP Client des DFÜ-Netzwerkes weiterverwenden zu können, wird auch für eine GPRS Verbindung ein PPP Server benötigt. Die Software für den PPP Server wurde dazu direkt in das Mobiltelefon integriert und bildet aus Sicht des Datenendgeräts die Schnittstelle zum Internet. Statt also eine PPP Verbindung zum Internet Service Provider herzustellen, endet die PPP Verbindung nun bereits im Mobiltelefon. Abbildung 2.33 zeigt diese Konfiguration.

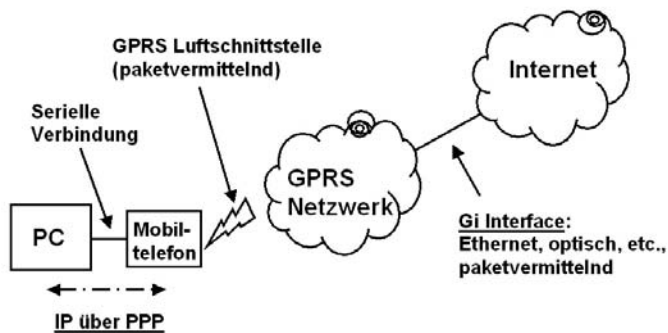


Abb. 2.33: Internetverbindung per GPRS und PPP

Der PPP Server im Mobiltelefon übersetzt die PPP Verbindungsaufnahme in eine Activate PDP Context Request Nachricht und sendet diese an das GPRS Netzwerk. Die IP Adresse wird dann wie zuvor in Abbildung 2.30 gezeigt zugeteilt.

Nach erfolgreicher Verbindungsaufnahme schickt der GGSN über die Activate PDP Context Accept Nachricht eine IP Adresse an das Mobiltelefon zurück. Von dort wird die IP Adresse dem Datenendgerät per PPP zurückgegeben und der Verbindungsaufbau ist abgeschlossen.

Während der Verbindung (dem Packet Call) werden im Mobiltelefon die über das PPP Protokoll eingehenden IP Pakete in kleine GPRS Datenpakete aufgeteilt und zum Netzwerk gesendet. In der umgekehrten Richtung werden die vom Netzwerk eingehenden kleinen GPRS Datenpakete vom Mobiltelefon wieder in komplette IP Pakete zusammengesetzt und danach über die serielle PPP Verbindung zum Datenendgerät weitergegeben.

*Modemtreiber
für GPRS*

Um dieser geänderten Konfiguration Rechnung zu tragen, sind zusätzliche Einstellungen im DFÜ-Netzwerk notwendig. Aus Sicht des Endgeräts stellt das Mobiltelefon ein Modem dar. Deshalb muss zunächst ein Standardmodemtreiber für die Schnittstelle konfiguriert werden, über die das Mobiltelefon angesprochen werden kann. Da der benötigte Standardmodemtreiber bei den unterschiedlichen Betriebssystemen mitgeliefert wird, ist der Anwender nicht auf einen speziellen Treiber des Mobiltelefonherstellers angewiesen.

*Senden der
APN an das
Mobiltelefon*

Vor dem Aufbau der Verbindung muss dem Mobiltelefon der APN mitgeteilt werden, über die eine GPRS Internetverbindung aufgebaut werden soll. Damit im DFÜ Netzwerk des Datenendgeräts keine Softwareänderungen nötig sind, entschied man sich bei der Standardisierung dazu, den APN vor dem eigentlichen Verbindungsaufbau mit einem zusätzlichen AT Kommando zu übergeben. Dies geschieht mit dem AT+CGDCONT Kommando. Um zum Beispiel eine IP Verbindung über das GPRS Netzwerk mit dem APN „internet.t-d1.de“ aufzubauen, ist folgendes AT Kommando notwendig: 'AT+CGDCONT=1,"IP","internet.t-d1.de"'. Dieses Kommando wird wie in Abbildung 2.34 gezeigt in den "Erweiterten Einstellungen" der Modemkonfiguration eingetragen.

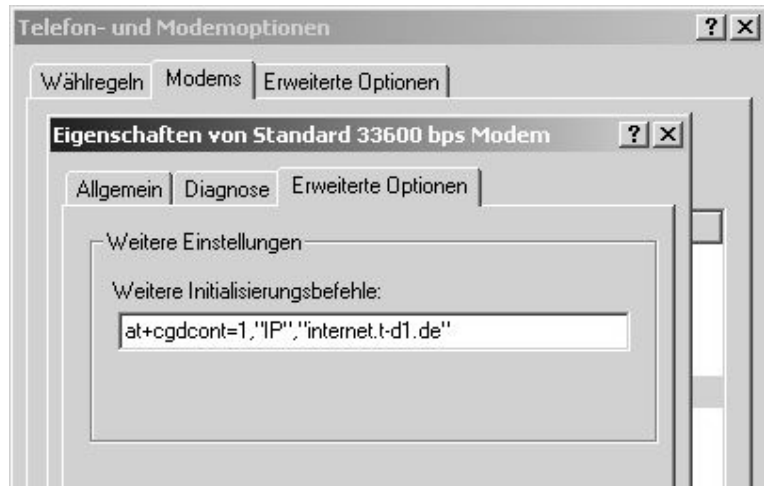


Abb. 2.34: APN als erweiterte Optionen bei der Modemkonfiguration

*GPRS Verbindung
statt Telefon-
nummer*

Ein weiterer Unterschied zwischen einer leitungsvermittelten Internetverbindung und einer GPRS Internetverbindung ist die Tatsache, dass für GPRS keine Telefonnummer gewählt werden muss. Stattdessen muss dem DFÜ Netzwerk jedoch mitgeteilt werden, dass eine GPRS Verbindung mit dem zuvor eingestellten APN hergestellt werden soll. Dazu wird statt der Telefonnummer der String `*99***1#` in der entsprechenden Dialogbox des DFÜ-Netzwerkes eingetragen. Dieser String wird dann vom DFÜ-Netzwerk über das ATD Kommando zum Mobiltelefon übergeben (`ATD *99***1#`). Nach Erhalt dieses Kommandos startet das Mobiltelefon daraufhin den PPP Server und verwendet den im `AT+CGDCONT` übergebenen APN für die PDP Context Activation Prozedur. War die PDP Context Activation erfolgreich, liefert der PPP Server die in der PDP Context Activation Accept Nachricht enthaltene IP Adresse an das Datenendgerät zurück und die Verbindung zum Internet ist hergestellt.

*Manuelle DNS
Konfiguration*

Zur Umwandlung eines Hostnamens wie z.B. www.vieweg.de in eine IP Adresse (Namensauflösung) wird im Internet das Domain Name System (DNS) verwendet. Dem Datenendgerät wird dazu bei der Verbindungsaufnahme über das PPP Protokoll die IP Adresse eines DNS-Servers mitgeteilt. Dies ist auch bei GPRS möglich, da dieser Parameter in der PDP Context Activation Accept Nachricht an das Datenendgerät übergeben werden kann. Da jedoch nicht alle Netzbetreiber von dieser Funktionalität gebrauch machen, ist es unter Umständen notwendig, die DNS-

Server IP Adresse manuell in den IP Einstellungen des DFÜ-Netzwerks anzugeben. Da jeder GPRS Netzbetreiber seinen eigenen DNS Server betreibt, wird die DNS IP Adresse normalerweise zusammen mit der APN bekannt gegeben.

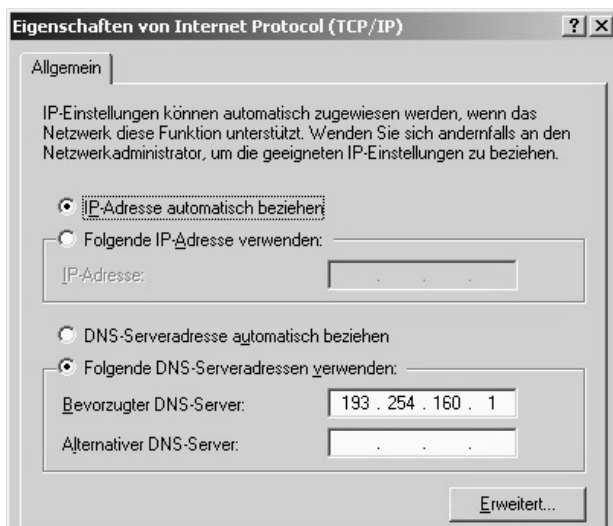


Abb. 2.35: Manuelle DNS Konfiguration für GPRS

*Software der
Endgeräte-
hersteller*

Viele Anwender dürften mit der aufwändigen Konfiguration des APN, des DNS-Servers und des Wählstrings nur schwer zurechtkommen. Aus diesem Grund liefern viele Mobiltelefonhersteller eigene Konfigurationsprogramme, die diese Einstellungen automatisch erledigen. Diese sind aber meistens nur für Windows Betriebssysteme erhältlich, MAC, Linux oder PDA Benutzer werden nicht berücksichtigt.

2.10

Der Multimedia Messaging Service (MMS) über GPRS

Eine weitere mobile Datenanwendung die sich zunehmender Beliebtheit erfreut, ist der Multimedia Messaging Service, kurz MMS genannt. MMS wird von den Mobilfunkbetreibern als multimedialer Nachfolger des textbasierten Kurznachrichtendienstes SMS beworben und kann neben Text auch Bilder, Musik- und Videodateien übertragen.

*MMS nutzt IP für
die Übertragung*

Die Architektur der SMS und MMS Systeme unterscheiden sich jedoch grundlegend. Das SMS System verwendet die SS-7 Signalkanäle des Mobilfunknetzes und ist somit komplett im GSM Netzwerk integriert. MMS basiert dagegen auf dem Internet

Protokoll (IP) und ist im Aufbau einer eMail sehr ähnlich. Das Mobilfunknetzwerk wird lediglich als transparenter IP Übertragungskanal genutzt. GPRS dient somit MMS nur als Transportmedium und könnte gegen ein beliebiges anderes IP Übertragungsmedium ausgetauscht werden.

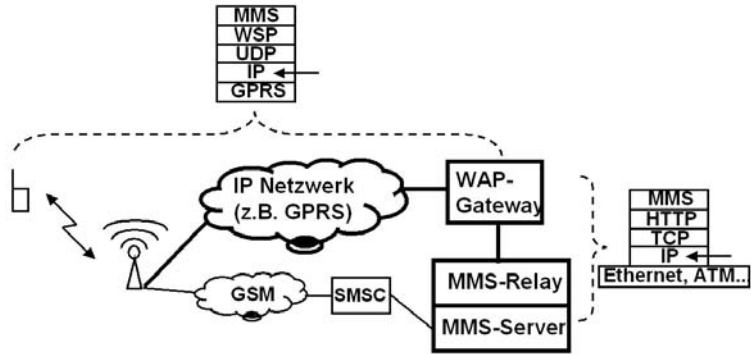


Abb. 2.36: MMS Architektur im Überblick nach 3GPP TS 23.140

Senden einer MMS

Beim Senden einer MMS wird vom Mobiltelefon eine IP Verbindung über das GPRS Netzwerk zum MMS Server aufgebaut. Die dazu nötige PDP Context Activation Prozedur wurde im letzten Abschnitt beschrieben. Statt jedoch den gleichen APN wie für eine direkte Internetverbindung zu verwenden, gibt es für MMS meist eine eigene APN. Somit ist es für den Netzbetreiber möglich, MMS Nachrichten nach einem extra Tarif abzurechnen. Wie in Abbildung 2.36 gezeigt wird, befindet sich zwischen MMS-Server und Endgerät ein WAP Gateway. Ursprünglich wurde das WAP Gateway entwickelt, um die Übertragung von WAP Seiten per GPRS zu optimieren. Durch Zwischenschalten des WAP Gateways kann diese Optimierung auch für MMS Nachrichten verwendet werden. Dies ist auch der Grund für die zwei unterschiedlichen Protokollstapel, die ebenfalls in Abbildung 2.36 gezeigt werden. Mit der Einführung von WAP 2.0 wurden jedoch die Protokollstapel auf beiden Seiten des WAP Gateways harmonisiert und neuere Endgeräte verwenden nun HTTP und TCP.

Zustellung einer MMS zu einem mobilen Endgerät

Wird als Empfänger der MMS eine Mobiltelefonnummer (MSISDN) verwendet, muss der MMS Server dessen Endgerät als nächstes über den Eingang der MMS benachrichtigen. Dies geschieht durch Senden einer SMS. Gehört die MSISDN zu einem nicht MMS fähigen Endgerät, enthält die SMS einen Nachrichtentext mit der Information, wie die MMS über eine Web Seite im Internet abgerufen werden kann. Hat der Teilnehmer sein End-

gerät als MMS fähiges Endgerät beim MMS Server angemeldet (z.B. automatisch durch erstmaliges Absenden einer MMS), enthält die SMS einen speziell formatierten Text. Dieser Text wird von einem MMS fähigen Endgerät automatisch erkannt und die SMS wird dem Nutzer nicht angezeigt. Je nach Benutzereinstellung kann das Endgerät nach Erhalt dieser SMS unterschiedlich reagieren: Wurde das Endgerät auf manuellen MMS Empfang eingestellt, informiert das Endgerät den Teilnehmer über die neue MMS und lädt diese erst nach Bestätigung des Teilnehmers vom MMS Server. Ist das Endgerät auf automatischen MMS Empfang eingestellt, wird die MMS ohne Benachrichtigung des Teilnehmers vom MMS Server angefordert und der Benutzer erst informiert, nachdem die MMS komplett in den Speicher des Endgerätes geladen wurde.

Zustellung einer MMS an eine eMail-Adresse

Im MMS Standard wurde von Beginn an vorgesehen, eine MMS auch direkt an eine beliebige eMail-Adresse senden zu können. Wie wir später noch sehen werden, ist dies aufgrund der großen Ähnlichkeit des MMS Formats zum eMail-Format auch sehr einfach möglich. In diesem Fall kann jedoch die Benachrichtigung des Empfängers per SMS entfallen und die MMS kann leicht modifiziert direkt an die Mailbox des Empfängers zugestellt werden.

MMS Konfiguration im Endgerät

Um MMS Nachrichten senden und empfangen zu können, sind eine Reihe Einstellungen im Endgerät nötig. Erster Schritt für das Senden oder Empfangen einer MMS per GPRS ist der Aufbau eines PDP Kontextes. Deshalb muss im Endgerät für den MMS Dienst einen APN, und optional ein Login Namen und Passwort für diesen APN eingetragen werden. Da der MMS Dienst den WAP Server für die Datenkomprimierung verwendet, muss in den MMS Einstellungen auch die IP Adresse des WAP Gateways eingetragen sein. Schließlich muss das Endgerät noch die Adresse des MMS Server kennen, die in Form einer URL (Universal Ressource Locator) angegeben wird. In nachfolgender Tabelle werden diese Einstellungen beispielhaft für das E-Plus Netz in Deutschland gezeigt:

APN	mms.eplus.de
Username	mms
Passwort	Eplus
IP Adresse WAP Gateway	212.23.97.153
MMS Server URL	http://mms/eplus

Aufbau einer MMS Nachricht

Ähnlich einer eMail kann eine MMS nicht nur Text, sondern auch Anhänge wie Bilder, Tondateien und Videosequenzen enthalten. Im Unterschied zu einer eMail kann ein Anwender jedoch beim Erstellen der MMS Nachricht entscheiden, in welcher Reihenfolge, an welcher Position und für welche Zeitdauer Bilder, Texte, Ton- und Videos auf dem Display angezeigt oder abgespielt werden.

SMIL

Das Endgerät erzeugt aus den Eingaben des Benutzers eine Ablaufbeschreibung mit der Synchronized Multimedia Integration Language (SMIL). Diese Beschreibungssprache wurde vom World Wide Web Consortium (<http://www.w3c.org>) standardisiert. SMIL hat große Ähnlichkeit mit der Hypertext Markup Language (HTML), in der Internet Webseiten erstellt werden. Abbildung 2.37 zeigt eine solche SMIL Datei. Sie enthält Informationen über das generelle Layout, Anzahl der Seiten sowie deren Inhalt. Die eigentlichen Informationen wie Texte, Bilder, Sound, Video, etc. sind nicht Bestandteil der SMIL Beschreibung. Diese werden über die ‚src=‘ Tags referenziert und im Anschluss an die SMIL Datei übertragen.

```

<smil>
  <head>
    <layout>
      <root-layout height="80" width="101"/>
      <region id="Image" fit="meet" height="40"
        left="0" top="0" width="101"/>
      <region id="Text" fit="meet" height="40"
        left="0" top="40" width="101"/>
    </layout>
  </head>

  <body>
    <par dur="10000ms">
      
      <text region="Text" src="cid:AC"/>
    </par>

    <par dur="10000ms">
      <text region="Text" src="cid:AD"/>
    </par>
  </body>
</smil>

```

} Layout der Seiten

} Erste Seite mit Bild und Text

} Zweite Seite, nur Text

Abb. 2.37: Beschreibung des Inhalts einer MMS Datei mit SMIL

MIME

In gleicher Weise wie bei einer eMail werden die einzelnen Teile einer MMS wie z.B. die SMIL Beschreibung, Texte, Bilder etc., nicht getrennt voneinander, sondern zusammen übertragen. Um die einzelnen Teile voneinander unterscheiden zu können, verwendet der MMS Standard das Multipart Internet Mail Extension

Protokoll (MIME), das auch bei der Übertragung von eMails verwendet wird. Im MIME Header befindet sich wie in Abbildung 2.38 gezeigt, eine generelle Beschreibung der zu übertragenden Informationen. Danach wird die SMIL Beschreibung der MMS, die Texte, Bilder, etc. übertragen. Um die einzelnen Teile voneinander unterscheiden zu können, werden diese durch eine „Boundary“ Markierung getrennt.

<pre>Content-Type: multipart/related; start=<mmsdescription1>; boundary="boundary123456789";</pre>	} MIME Header
<pre>--boundary123456789 Content-ID: <mmsdescription1> Content-Type: application/smil; charset="US-ASCII" <smil> [siehe Abbildung 2.37] </smil></pre>	} 1. Abschnitt: Die SMIL Beschreibung
<pre>--boundary123456789 Content-ID: <mmsstuff1> Content-Location: cid:AA Content-Type: image/jpeg [hier sind die Bytes des jpeg Bilds]</pre>	} 2. Abschnitt: Bild Seite 1
<pre>--boundary123456789 Content-ID: <mmsstuff2> Content-Location: cid:AC Content-Type: text/plain Hallo, ich bin im Urlaub, toller Strand!!!</pre>	} 3. Abschnitt: Text Seite 1
<pre>--boundary123456789 Content-ID: <mmsstuff2> Content-Location: cid:AD Content-Type: text/plain Viele liebe Grüsse aus dem Urlaub</pre>	} 4. Abschnitt: Text Seite 2

Abb 2.38: Versenden aller Teile einer MMS per MIME

Teil der Boundary Markierung sind Referenzen, die zuvor in der SMIL Datei gemacht wurden, sowie eine Beschreibung des Formats (Content Type). Für MMS Nachrichten wurden bisher unter anderen folgende Formate spezifiziert:

- Bilder: JPEG, GIF, WBMP, maximal garantierte Auflösung ist 160x120 Pixel. Dies entspricht der Auflösung eines kleinen Mobiltelefonsdisplays. Werden Bilder mit höherer Auflösung gesendet, müssen diese eventuell dann beim Empfänger auf diese Größe reduziert werden.
- Text: ASCII 8-Bit, UTF-8 oder UTF-16
- Audio: AMR (Adaptive Multi Rate)
- Video: MPEG 4, H.263, Quicktime

MMS Header

Um die fertig zusammengestellte MMS Nachricht versenden zu können, ist noch ein Header notwendig, der Informationen wie Absender und Empfänger enthält. Auch hier verwendet MMS einen Standard eMail Header. Diesem wurden lediglich einige zusätzliche MMS spezifische Felder angefügt, die jeweils mit „X-MMS“ beginnen. Ausserdem werden die Felder nicht im Klartext übertragen, sondern als IDs mit einer Länge von einem Byte. Dies senkt den Overhead und somit auch die Übertragungszeit. Da MMS Nachrichten neben eMail-Adressen hauptsächlich an Mobilfunkteilnehmer, also an Telefonnummern geschickt werden, definiert der MMS Standard außerdem die Kennzeichnung von Telefonnummern durch den Anhang „/TYPE=PLMN“. PLMN steht dabei für Public Land Mobile Network, dem Fachbegriff für Mobilfunknetzwerk.

```
From: +49170973568164/TYPE=PLMN
Date: Thu, 10 Juni 2004 10:49:55 +0100

To: +4916014867651/TYPE=PLMN
CC: <John Doe> jdoe@cm-networks.de [optional]

Subject: Still kicking! [optional]
MIME-Version: 1.0 [optional]

X-MMS-Version: 1.0
X-MMS-Message-Type: m-send-req
X-MMS-Transaction-ID: 867634563
X-MMS-Read-Reply: Yes [optional]

Content-Type: multipart/related;
              start=<mmsdescription1>;
              boundary="boundary123456789";

--boundary123456789
Content-ID: <mmsdescription1>
Content-Type: application/smil; charset="US-ASCII"

<smil>
  [siehe Abbildung 2.37]
</smil>

[...]
```

MMS Header

Siehe Abb. 2.38

Abb. 2.39: MMS Header (nichtkomprimierte Darstellung)

MMS Versand mit HTTP POST

MMS und eMail verwenden für die Übertragung zum eMail bzw. MMS Server unterschiedliche Protokolle. Während eMail Nachrichten mit dem Simple Mail Transfer Protocol (SMTP) übertragen werden, entschied man sich für die Übertragung von MMS Nachrichten für das Hypertext Transfer Protocol (HTTP) POST Verfahren. Dieses Protokoll wurde ursprünglich entworfen, damit Web

Browser einen vom Benutzer eingegebenen Text in Eingabefeldern einer Web Page an einen Web Server senden können. Vorteil gegenüber SMTP für die MMS Übertragung ist, dass bei Beginn der Verbindung kein Login Vorgang notwendig ist und somit die MMS schneller übertragen wird.

Empfang einer MMS mit HTTP GET

Wie schon in der Einleitung zu diesem Kapitel erwähnt, verwendet der MMS Server eine SMS Nachricht, um den Empfänger über eine eingegangene Nachricht zu informieren. Die SMS enthält dabei einen Universal Resource Locator (URL), der die abzuholende MMS identifiziert. Um dem Overhead des POP3 Protokolls zu entgehen, das für den Empfang von eMails spezifiziert wurde, werden MMS Nachrichten über das HTTP GET Protokoll vom MMS Server abgerufen. Das HTTP GET Protokoll wurde ursprünglich konzipiert, um mit einem Browser Webseiten von einem Webserver anzufordern. Um die Daten einer MMS bei der Übertragung durch das GPRS Netzwerk zu komprimieren, kommt wiederum das WSP Protokoll zum Einsatz.

MMS an einen eMail-Empfänger

Aufgrund der vielen Gemeinsamkeiten zwischen MMS und eMail ist auch der Versand einer MMS an einen eMail-Empfänger recht einfach. Der MMS Server konvertiert die MMS in eine eMail durch Entfernen der SMIL Beschreibung. Texte, Bilder, etc. werden als Anlagen an die eMail angehängt.

MMS über andere IP Netzwerke

Da MMS eine reine IP Applikation ist und nur offene Internet Standards verwendet, spielt das Übertragungsmedium keine Rolle. Theoretisch könnte eine MMS also auch von einem PC an einen PC im Internet übertragen werden. Praktisch macht dies jedoch wenig Sinn, da hier für die Kommunikation eine eMail besser geeignet ist. Während in Europa MMS also sowohl in GSM, als auch in UMTS verwendet werden kann, ermöglicht die Verwendung von IP und offenen Standards auch, MMS in anderen Mobilfunkstandards wie z.B. dem amerikanischen CDMA Standard ohne Änderungen zu verwenden. Somit wird es möglich, MMS auch zwischen Teilnehmern unterschiedlicher Mobilfunknetzwerke in Ländern wie z.B. den USA auszutauschen, in denen unterschiedliche Mobilfunkstandards wie UMTS, GSM, CDMA, etc. gleichzeitig betrieben werden.

2.11 Fragen und Aufgaben

1. Welche Unterschiede gibt es zwischen leitungsvermittelter Datenübertragung und paketorientierter Datenübertragung.
2. Welche Vorteile bietet die GPRS Datenübertragung gegenüber der bisherigen GSM Datenübertragung?
3. Warum gibt es unterschiedliche Coding Schemes?
4. Wie unterscheidet sich der GPRS Ready State vom GPRS Standby State?
5. Führt das Netzwerk bei GPRS einen Handover durch, wenn während eines Zellwechsels Daten übertragen werden?
6. Welche neuen Netzwerkelemente wurden mit GPRS eingeführt und welche grundsätzlichen Aufgaben haben diese?
7. Was ist ein Temporary Block Flow?
8. Welche Vorgänge finden bei einem Inter-SGSN Routing Area Update (IRAU) statt?
9. Warum kommt das IP Protokoll auf dem Gn Interface zweimal im Protokollstack vor?
10. Wie wird erreicht, dass beim internationalen Roaming für GPRS im Ausland keine Einstellungen im Endgerät geändert werden müssen?
11. Was ist der Unterschied zwischen einem GPRS Attach und einer PDP Context Activation?
12. Welche Rolle spielt der Access Point Name (APN) bei der PDP Context Activation Prozedur?
13. Wie werden MMS Nachrichten per GPRS gesendet und empfangen?
14. Wie ist eine MMS Nachricht aufgebaut?

Lösungen sind auf der Website zum Buch unter <http://www.cm-networks.de> zu finden.