

1

GSM

Mit GSM, dem Global System for Mobile Communication begann Anfang der 90'er Jahre ein beispielloser Wandel in der mobilen Kommunikation. Hatte das Vorläufersystem C-Netz in seiner Glanzzeit in Deutschland knapp eine Million Teilnehmer, brachten es die vier GSM Netze im Jahre 2007 auf über 65 Millionen. Dies ist vor allem einer stetigen Weiterentwicklung in allen Bereichen der Telekommunikation und dem anhaltenden Preisverfall der digitalen Technik sowie der Mobiltelefone zu verdanken. Das erste Kapitel dieses Buches beschäftigt sich ausführlich mit der Technik dieses Systems, das die Grundlage für die paketdatenorientierte Erweiterung GPRS und das Nachfolgesystem UMTS bildet.

1.1

*Verbindungs-
matrix*

Leitungsvermittelnde Datenübertragung

GSM Mobilfunknetze zählen genauso wie drahtgebundene Fernsprechnetze, auch Festnetze genannt, zu den leitungsvermittelnden Kommunikationsnetzen (Circuit Switched Networks). Beim Beginn eines Gespräches wird dabei vom Netzwerk eine Leitung direkt von Teilnehmer zu Teilnehmer geschaltet, die diese dann exklusiv für sich verwenden können. In der Vermittlungsstelle (Switching Center) befindet sich dafür, wie in Abb. 1.1 gezeigt, eine Verbindungsmatrix (Switching Matrix), die einen beliebigen Eingang mit einem beliebigen Ausgang verbinden kann. Nachdem die Verbindung aufgebaut wurde, werden alle Signale transparent über die Verbindungsmatrix zwischen den Teilnehmern ausgetauscht. Erst wenn einer der beiden Teilnehmer die Verbindung beendet, wird die Vermittlungsstelle wieder aktiv und baut die Verbindung in der Verbindungsmatrix wieder ab. Diese Vorgehensweise ist in einem Festnetz und einem Mobilfunknetz identisch.

Drahtgebundene Fernsprechnetze wurden anfangs nur für die Sprachdatenübertragung konzipiert, und es wurde ein analoger Kanal zwischen den Teilnehmern aufgebaut. Mitte der 80'er Jahre wurden diese Netze in Deutschland digitalisiert. Dies bedeutet, dass die Sprache heute nicht mehr analog von Ende zu Ende übertragen wird, sondern in der Vermittlungsstelle digitalisiert

und danach digital weiter übertragen wird. Am anderen Ende werden die digitalen Sprachdaten wieder in ein analoges Signal umgewandelt und über die Telefonleitung zum Endteilnehmer geschickt. Bei einem ISDN Anschluss findet diese Umwandlung von analog nach digital und zurück bereits im Endgerät (z.B. Telefon) statt, und die Sprache wird Ende zu Ende digital übertragen.

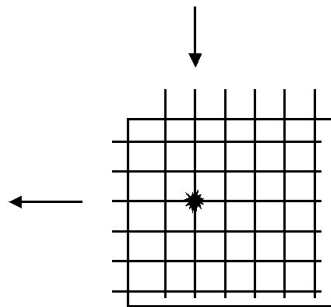


Abb. 1.1: Verbindungsmatrix in einer Vermittlungsstelle

An dieser Stelle sei angemerkt, dass manche Netzbetreiber inzwischen dazu übergehen, in der Vermittlungsstelle die Verbindungsmatrix durch ein so genanntes Media Gateway zu ersetzen. Damit wird erreicht, dass Sprachverbindungen im Kernnetzwerk nicht mehr leitungsvermittelnd sondern über IP oder ATM Paketnetzwerke übertragen werden. Dieser Ansatz ist unter dem Namen Bearer Independent Core Network bekannt und in Kapitel 3.1.2 näher beschrieben. In GSM Radionetzwerk wird jedoch weiterhin die in diesem Kapitel beschriebene leitungsvermittelnde Technik verwendet.

*Gleiche Hardware
unterschiedliche
Systeme*

Für GSM wurde das Rad nicht neu erfunden. Statt ein komplett neues System zu entwickeln, wurde auf die bereits vorhandene Festnetztechnik in Form von Vermittlungsstellen und Weitverkehrsübertragungstechnik zurückgegriffen. Neu entwickelt werden musste jedoch die Technik für den eigentlichen Anschluss der Teilnehmer. Im Festnetz ist der Teilnehmeranschluss sehr einfach, für jeden Teilnehmer werden lediglich zwei Kabel benötigt. In einem Mobilfunknetzwerk jedoch kann der Teilnehmer seinen Standort frei wählen. Somit ist es nicht mehr möglich, ein Gespräch immer über den gleichen Anschluss der Verbindungsmatrix zu einem Teilnehmer durchzuschalten.

Da ein Mobilfunknetzwerk wie ein Festnetz viele Vermittlungsstellen besitzt, die jeweils ein begrenztes geographisches Gebiet

versorgen, ist in einem Mobilfunknetzwerk nicht einmal gewährleistet, dass ein Teilnehmer immer über die gleiche Vermittlungsstelle zu erreichen ist. Somit kann auch die im Festnetz verwendete Software für die Teilnehmerverwaltung und Gesprächsvermittlung für ein Mobilfunknetzwerk nicht weiterverwendet werden. Statt einer statischen 1:1 Zuweisung von Teilnehmer und Leitung wurde die Software in der Vermittlungsstelle um eine Mobilitätsmanagementkomponente erweitert. Diese verwaltet alle Teilnehmer und kennt den aktuellen Aufenthaltsort jedes erreichbaren Teilnehmers.

Da ein Teilnehmer auch während eines Gespräches den Aufenthaltsort ändern kann und somit eventuell das Gespräch auf eine andere Leitung geschaltet werden muss, ist auch die Gesprächsverwaltung neu entwickelt worden.

Weiterverwendet werden im Mobilfunknetzwerk jedoch fast die komplette Hardware einer Festnetzvermittlungsstelle, sowie die unteren Softwareschichten, die für das Schalten der Verbindungsmatrix und die Signalisierung zuständig sind. Somit ist es auch nicht weiter verwunderlich, dass alle großen Netzwerkhersteller wie z.B. Siemens, Nortel, Ericsson, Nokia oder Alcatel heute ihre Hardwareplattform für Vermittlungsstellentechnik sowohl für Festnetze, als auch für Mobilfunknetze anbieten. Einzig die Software entscheidet darüber, für welchen Zweck die Vermittlungsstelle eingesetzt wird.

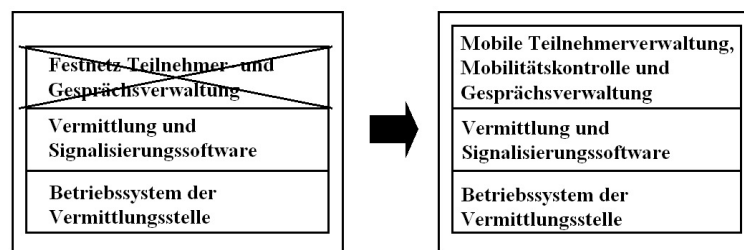


Abb. 1.2: Softwareänderungen von Festnetz- zu Mobilfunkvermittlung

1.2

Standards

Da sich im weltweiten Markt für Telekommunikationsnetzwerke viele Firmen um Aufträge der Netzbetreiber bemühen, ist eine Standardisierung der Schnittstellen und technischen Vorgänge notwendig. Ohne diese Standards, die unter anderem von der

ITU

International Telecommunication Union (ITU) definiert wurden, wäre eine länderübergreifende Telefonie nicht möglich, und Netzbetreiber wären fest an einen Netzwerklieferanten gebunden.

Einer der wichtigsten ITU Standards ist das in Kapitel 1.4 vorgestellte Signalisierungssystem SS-7 für die Gesprächsvermittlung. Viele ITU Standards repräsentieren jedoch nur den kleinsten gemeinsamen internationalen Nenner. Jedes Land behielt sich vor, nationale Erweiterungen vorzunehmen. Dies verursacht in der Praxis enorme Kosten bei der Softwareentwicklung, da für jedes Land spezielle Erweiterungen nötig sind. Auch der Übergang zwischen Netzen unterschiedlicher Länder wird dadurch sehr erschwert.

ETSI / 3GPP

Mit GSM wurde zum ersten Mal ein einheitlicher Standard in Europa für die mobile Kommunikation geschaffen, der später auch von vielen Ländern außerhalb Europas übernommen wurde. Diesem Umstand ist es zu verdanken, dass Teilnehmer heute weltweit in allen GSM Netzen, die ein sogenanntes Roamingabkommen mit seinem Heimatnetz abgeschlossen haben, telefonieren und mobil Daten übertragen können. Auch wurde es so möglich, die Entwicklungskosten wesentlich zu reduzieren, da die Systeme ohne große Modifikationen in alle Welt verkauft werden können. Dem European Telecommunication Standards Institute (ETSI), das neben GSM auch noch viele weitere Telekommunikationsstandards für Europa spezifiziert hat, kam dabei eine wesentliche Rolle bei der Erarbeitung dieser Standards zu. Die ETSI GSM Standards umfassen dabei eine Vielzahl von unterschiedlichen Standarddokumenten, auch Technical Specifications (TS) genannt, die jeweils einen Teil des Systems beschreiben. Da GSM heute international verwendet wird und es zu Beginn der UMTS Standardisierung absehbar war, dass auch dieser über Europa hinaus große Bedeutung erlangen würde, gründete ETSI zusammen mit weiteren internationalen Standardisierungsgremien aus aller Welt das 3rd Generation Partnership Project (3GPP). Dieses Gremium ist seither für die Standardisierung von GSM und UMTS verantwortlich. In den nachfolgenden Kapiteln befinden sich für eine weitere Vertiefung einzelner Themen Verweise auf diese Spezifikationen, die auf <http://www.3gpp.org> kostenlos abgerufen werden können.

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.

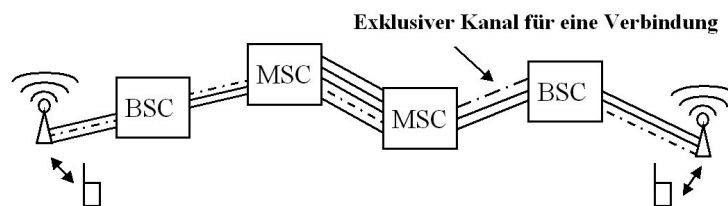


Abb. 2.1: Exklusive Verbindung bei der Leitungsvermittlung

*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>	<p>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.</p> <p>Während die Leitungsvermittlung ideal für die Sprachübertragung geeignet ist, gibt es jedoch einen großen Nachteil für die Datenübertragung mit variablen Übertragungsraten:</p>
<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.

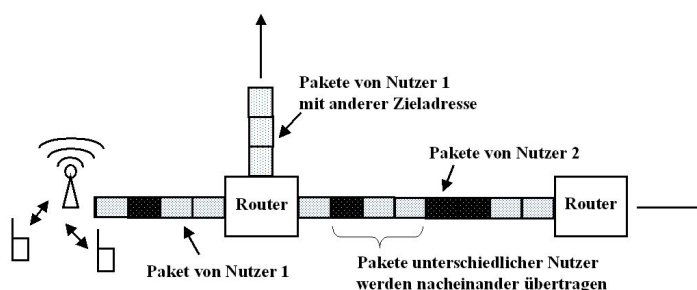


Abb. 2.2: Paketorientierte Datenübertragung

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.

*Höhere
Datenraten*

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:

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.

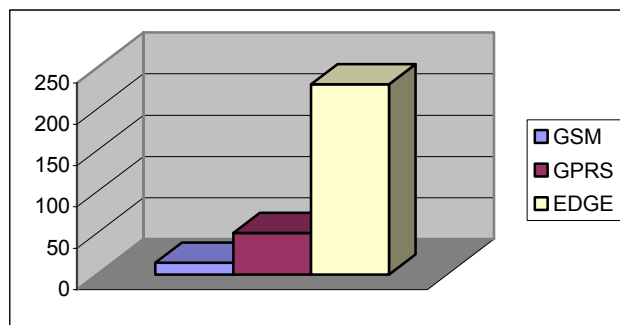


Abb. 2.3: Geschwindigkeit von GSM, GPRS und EDGE in kbit/s



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 freigewordene Bandbreite für andere Nutzer verwendet werden. Dies ist bei der Leitungsvermittlung grundsätzlich nicht möglich.

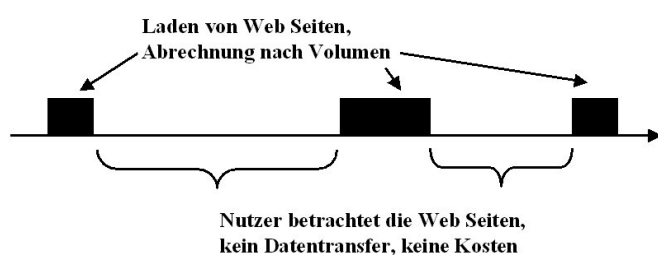


Abb. 2.4: Abrechnung nach Volumen und nicht nach Onlinezeit

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-