

# Hightech-Mobilfunk

## Die UMTS-Technik steckt voller Raffinessen

Jan Steuer, Michael Meincke, Peter Tondl

c't Magazin für Computertechnik  
08/2002, S. 222-227

*Die etablierten GSM-Mobilfunknetze bekommen bald Konkurrenz von UMTS-Systemen, die uns Highspeed-Datenverbindungen bescherehen sollen. Näher besehen, offenbart UMTS eine Fülle von technischen Raffinessen.*

Ursprünglich erntete die 1992 gestartete Entwicklung des Universal Mobile Telecommunication System, UMTS, vor allem deshalb viel Zustimmung, weil sie eine weltweit einheitliche Mobilnetztechnik versprach.



Der UMTS-Vorläufer GSM, Global System for Mobile Communications, ist ein

Mobilfunksystem der zweiten Generation. Beispielhaft für europäische Zusammenarbeit, hat GSM zwar seit 1982 die analogen Mobilfunknetze der ersten Generation abgelöst und sich weltweit stark verbreitet, doch ein GSM-Handy versteht sich nicht mit Mobilnetzen in Japan (PDC) oder den USA (IS-95, D-AMPS). Immerhin gibt es Tri-Band-Handys, die sich sowohl für US-amerikanische GSM-Netze eignen, die im 1900-MHz-Band funken, als auch für europäische mit ihren 900- und 1800-MHz-Bändern. Doch sie kosten mehr und helfen in Japan natürlich auch nicht weiter.

Zudem sind GSM-Netze so wie ihre Verwandten der zweiten Mobilfunkgeneration nur für die Sprachübertragung maßgeschneidert. Bilder oder Videos übertragen sie allenfalls so schnell wie Festnetz- oder ISDN-Modems.

Im Jahr 1992 begann man daher mit der Konzeption von Mobilfunknetzen der dritten Generation, 3G. Damals reservierte die World Radio Conference ein 230 MHz breites Band im 2-GHz-Bereich für International Mobile Telecommunications at 2000 MHz (IMT-2000). IMT-2000 ist ein Dachbegriff für eine Familie von 3G-Mobilfunksystemen [1]. Als Teil der IMT-2000-Familie wurde UMTS von Europäern und Japanern initiiert. Besonders das

Fernost-Standardisierungsgremium ARIB trieb die Spezifikation wegen Engpässen in japanischen Mobilnetzen voran, sodass das weltweit erste UMTS-Netz seinen öffentlichen Betrieb bereits im Oktober 2001 in Japan aufnahm.

### **Einheitlich, irgendwie . . .**

Vertreter anderer Länder – nationale Standardisierungsgremien, Netzwerkausrüster, Forschungsgruppen, Telekommunikationsfirmen – fokussierten 1998 ihre Bemühungen, um UMTS einheitlich zu spezifizieren im gemeinsamen 3rd Generation Partnership Project (3GPP). Doch die Papiere des 3GPP haben keinen bindenden Charakter. Erst lokale Gremien küren ihre Vorschläge zu verbindlichen Standards. Doch diese verfolgen mehr lokale als globale Interessen.

In den USA beispielsweise dominiert bei den digitalen Mobilfunktechniken derzeit das System IS-95. GSM hat dort trotz beachtlicher Zuwächse keine solche Verbreitung wie in Europa. Nachfolger des IS-95 soll daher nicht UMTS, sondern eine CDMA2000 genannte Netztechnik werden. Sie gehört zur Familie IMT-2000, ist mit UMTS aber nicht kompatibel. UMTS verwendet zur Signalisierung im nachgeschalteten Kernnetz die Spezifikation SS7/MAP, während bei CDMA2000 wohl ANSI41 eingesetzt werden wird.

Die Liste der IMT-2000-Mitglieder liefert ein Spiegelbild widerstreitender politischer und wirtschaftlicher Interessen: Sie zählt nämlich noch drei weitere zu UMTS und CDMA2000 inkompatible Systeme: eine erweiterte DECT-Variante, das IS-136-EDGE sowie das Time Division Synchronous Code Division Multiple Access (TD-SCDMA). Die beiden Letzteren sollen zum Beispiel in den USA und in China eingesetzt werden.

Letztlich hat man das ursprüngliche Konzept also verwässert. Jetzt kann allenfalls der Markterfolg einer der Techniken ein weltweit einheitliches Mobilfunksystem beschaffen. Aber bisher spricht nichts dafür,

vielmehr gibt es noch weitere Hürden, die einer gemeinsamen Mobilnetztechnik entgegenstehen. Zum Beispiel sind die für IMT-2000 vorgesehenen Frequenzbänder nicht weltweit einheitlich.

### **Besser als GSM**

Dabei hätte UMTS für Netzbetreiber etliche Vorteile, gerade gegenüber Mobilfunksystemen der zweiten Generation. Beispielsweise geht UMTS ökonomischer mit der knappen Ressource Funkbandbreite um.

Anders als in einem analogen Telefonfestnetz, bei dem jeder Teilnehmer seine eigene physikalische Verbindung in Form einer Kupferdoppelader hat, steht das Frequenzband eines Mobilnetzes theoretisch allen Teilnehmern gleichzeitig zur Verfügung – ohne besondere Vorkehrungen würden sich alle Teilnehmer gegenseitig hören und stören.

Für dieses Problem haben Nachrichtentechniker eine Reihe von Lösungen unterschiedlicher Güte entwickelt, so genannte Vielfachzugriffsverfahren. Sie dienen dazu, Teile der Funkressource einzelnen Teilnehmern zuzuteilen (Multiple Access). Klassische Systeme teilen die Ressourcen per Frequenz- oder Zeitmultiplex auf. Beim herkömmlichen Radio- und Fernsehrundfunk kommt ein simples Frequenzmultiplexverfahren zum Einsatz: Das Frequenzband ist in verschiedene Bereiche getrennt, jeder Sender hat seinen eigenen Kanal. Den Sender wählt man über den Wechsel der Empfangsfrequenz.

In digitalen Kommunikationssystemen sind Mischungen aus Frequenz- und Zeitmultiplex gebräuchlich. GSM stellt ein FD/TDMA-System dar, es kombiniert Frequency Division mit Time Division Multiple Access.

Theoretisch ließe sich die Funkressource beliebig klein aufteilen, um unendlich viele Teilnehmer zu versorgen, doch dann bliebe zu wenig Kapazität für die Übertragung des Sprachsignals in hinreichender Qualität. Ei-

nem GSM-Teilnehmer steht daher während einer Sprachverbindung einer von acht Zeitschlitzen auf einer Trägerfrequenz ‘seiner’ Basisstation zur Verfügung – pro Träger, von denen jede Basisstation mehrere zur Verfügung hat, kann sie also bis zu acht Teilnehmer versorgen. Damit sie sich nicht gegenseitig stören, senden GSM-Mobiltelefone und -Basisstationen auf verschiedenen Frequenzen.

Die Datenrate von Sprach-, Daten- oder Faxverbindungen ist im GSM-Netz durch die Kapazität eines Kanals begrenzt. GSM-Kanäle sind für den Sprachdienst optimiert, ihre Kapazität ist für Surf-Zwecke sehr klein. Eine Surf-Verbindung per GSM-Handy befördert lediglich 9,6 kBit/s. Bessere Netze und Handys übertragen auf Kosten der im GSM eingebauten Fehlerkorrektur 14,4 kBit/s. Bei zunehmender Fehlerrate auf der Funkstrecke schalten sie jedoch auf 9,6 kBit/s zurück.

Deutlich schneller lässt sich in weiterentwickelten GSM-Netzen der Phase 2+ surfen, da sich mit passenden Endgeräten mehrere von den maximal acht Kanälen kombinieren lassen. Derzeit gibt es zwei solche schnellen Datendienste, HSCSD (High Speed Circuit Switched Data) und GPRS (General Packet Radio Service). Sie erreichen Geschwindigkeiten wie Modems im Festnetz.

Noch höhere Geschwindigkeiten erfordern viel stärkere Eingriffe in die GSM-Infrastruktur, denn noch höhere Kanalkapazitäten liefern nur höherwertige Modulationen. Dieser nächste Steigerungsschritt für GSM-Netze heißt Enhanced Data Rates for GSM Evolution [2].

Dabei prägt man der Trägerfrequenz pro ‘Sendeschritt’ mehr Bits als zuvor auf – die Kanalkapazität steigt, und die Spitzendatenrate liegt bei 473,6 kBit/s. Da das EDGE-Funksignal dichter mit Informationen ‘beladen’ ist als das GSM-Signal, steigt bei gleicher Reichweite aber auch die Anfälligkeit gegenüber Funkstörungen.

In der Praxis legt man jedoch bei höherwertigen Modulationen weniger Wert auf die

gleiche Reichweite – die höhere Kapazität wird ja bei steigender Entfernung zwischen Handy und Basisstation von der Fehlerrate aufgeessen, der Datendurchsatz sinkt. Stattdessen schaltet das Netz ab einem Fehlerschwellwert einen oder mehrere Gänge zurück auf die einfacheren und robusteren Verfahren. Je näher ein EDGE-Handy an der Basisstation steht, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit dafür, dass das schnellste Verfahren zum Einsatz kommt.

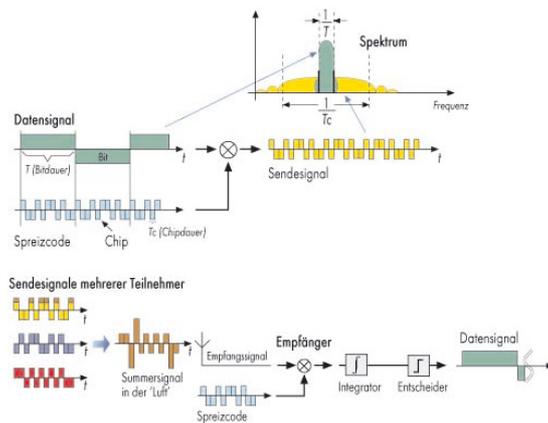
Mit EDGE sind die Entwicklungsmöglichkeiten des GSM-Systems derzeit ausgereizt. Erst von Grund auf neu konzipierte Technik liefert höhere Geschwindigkeiten – allein deshalb sind UMTS und GSM nicht kompatibel. UMTS funkt nicht nur in einem anderen Bereich, schon weil die GSM-Netze ungestört weiter funktionieren sollen, sondern es verwendet mit dem Quadrature Phase Shift Keying, QPSK, eine höherwertige Modulation. Während GSM-Geräte per Gaussian Minimum Shift Keying, GMSK, je Sendeschritt nur ein Bit befördern, übertragen UMTS-Geräte via QPSK zwei Bit pro Schritt. Ein weiterer Unterschied liegt in der Teilnehmertrennung. UMTS nutzt eine Mischung verschiedener Zugriffsverfahren, bei der das Vielfachzugriffsverfahren Code Division Multiple Access die Hauptrolle spielt (CDMA).

## Gespreizte Daten

Code-Spreiztechniken wurden einst im militärischen Umfeld entwickelt. Statt einen Frequenzbereich wie bei TDMA und FDMA (Time Division Multiple Access und Frequency Division Multiple Access) in mehrere Trägerfrequenzen und Zeitschlitze gemäß dem Bedarf des Signals aufzuteilen und dann jedem Teilnehmer eine dieser Ressourcen zuzuweisen, nutzt CDMA einen wesentlich größeren Frequenzbereich. Das Teilnehmersignal ist verglichen mit dem Träger schmalbandig, ein spezieller Teilnehmercode fächert es auf das deutlich größere Frequenzband auf. Dafür wird jedes zu übertragende

Bit mit einer höherratigen Bitfolge multipliziert (auch Chipsequenz oder Code genannt, siehe obige Grafik).

Beim Empfänger kommen typischerweise mehrere Teilnehmersignale überlagert an. Multipliziert das Empfangsgerät dieses Signalgemisch mit dem Code des Senders, lässt sich sein Signal extrahieren. Die Signale übriger Teilnehmer und auch das Rauschen bleiben hingegen nach dieser Operation weiterhin im Spektrum verschmiert und daher gegenüber dem Nutzsignal schwächer. Ein per CDMA aufgefächertes Signal ist also gegen Störungen, die nur einen Teil des breiten Frequenzbandes treffen, weniger empfindlich; beim Empfänger kommen größere Teile des Datenstroms unverfälscht an (Spreizgewinn).



*Absichtlich gemischt: Die Code-Spreizung (oben) fächert die Daten jedes Teilnehmers auf das gesamte Frequenzband auf. Der Empfänger (unten) muss Daten 'seines' Partners herausrechnen.*

Hingegen belegt das GSM-Teilnehmersignal gerade den Platz, den es benötigt. Wenn gerade auf dieser Frequenz 'etwas dazwischenfunkt', ist das ganze Signal betroffen, das Resultat sind Übertragungsaussetzer. Ein GSM-Empfänger kann jedoch einfacher gebaut sein, er muss nur auf einem zugewiesenen Empfangskanal einrasten und bekommt so automatisch die Daten seines Gesprächspartners.

CDMA-Empfänger rasten demgegenüber nicht auf einer Frequenz ein, sie erhalten die Daten aller 'hörbaren' Sender gleichzeitig. Um die Daten des richtigen Gesprächspartners aus dem Datengewirr auszulesen, müssen sie die Spreizcode-Operation des Senders praktisch umkehren, die betreffenden Daten wie mit einer zum Streumuster passenden Harke einsammeln.

Solange die Signale der einzelnen Teilnehmer mit nahezu gleichem Pegel an der Basisstation ankommen, lassen sich die empfangenen Bits problemlos trennen. Viel schwieriger wird es, wenn Sender mit gleicher Sendeleistung aus unterschiedlichen Entfernungen funken, denn mit zunehmender Entfernung steigt die Signalbedämpfung. Teilnehmersignale, die nur eine kurze Strecke zur Basisstation überbrücken, überdecken die Signale von entfernten Teilnehmern (sog. Near-far-Effekt). Um das zu verhindern, hat man UMTS-Geräten eine sehr schnelle und aufwendige Leistungsregelung verpasst.

Spreizfaktor	Kanalbitrate [kBit/s]	max. Nutzerdatenrate Coderate 1/2 [kBit/s]
256	15	7,5
128	30	15
64	60	30
32	120	60
16	240	120
8	480	240
4	960	480
4 <sup>1</sup>	5740	2355

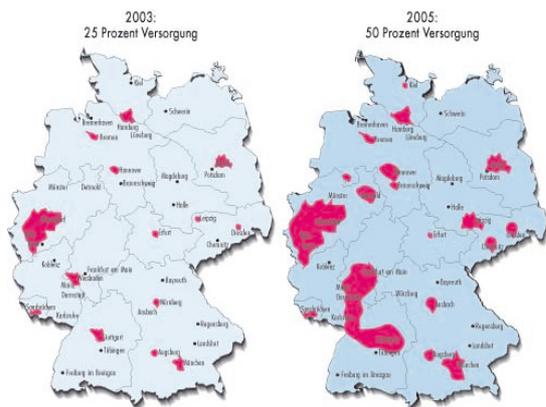
<sup>1</sup> mit 6 parallelen Codes

Da UMTS auf der Luftschnittstelle CDMA verwendet, müssen auch die unterschiedlichen Datenraten im gleichen 5-MHz-Frequenzband, respektive mit der einheitlichen Kanal-Chiprate von 3,84 MChip/s übertragen werden. Das erreicht man mittels Code-Folgen verschiedener Länge, die ein orthogonaler Spreizbaum liefert.

In diesem Spreizbaum steht jede Verzweigung für eine Teilnehmerdatenrate, respektive einen Spreizfaktor. Mit zunehmender Verzweigung sinkt die Teilnehmerdatenrate. Der Code eines Zweigs lässt sich nur einem Teilnehmer zuweisen und auch tiefer liegende Codes dieses Zweigs sind für andere Teilnehmer tabu. Sonst könnte der Empfänger die Daten unterschiedlicher Sender nicht voneinander trennen.

### Pumpende Zellen

Näher besehen setzt sich ein Teilnehmer-Code aus einem Spreizbaum- und einem Scramble-Code zusammen. Nur der Letztere dient dazu, die verschiedenen Sender auf der Empfängerseite zu trennen. Mittels der Scramble-Codes werden die Signale vor dem Versand verwürfelt, auf der Empfängerseite trennt sie ein zugehöriger Descrambler.



Das ist ein drastischer Unterschied zu GSM-Systemen. Benachbarte GSM-Basisstationen verwenden verschiedene Frequenzen, damit es nicht zu Interferenzen und Signalauslöschungen kommt. Erst nach einem gewissen Schutzabstand kann dieselbe Frequenz erneut verwendet werden. Das erschwert die Funknetzplanung von GSM-Netzen sehr. UMTS-Netze setzen hingegen weniger Vorplanung voraus.

Bündelt man mehrere Codes, lassen sich höhere Datenraten erzielen. Allerdings muss man dabei die Sendeleistung erhöhen – als Ausgleich für sinkenden Schutz gegen Störungen bei abnehmendem Spreizfaktor.

Die schmalbandigen Sprachanwendungen benötigen weniger Fehlerschutz als breitbandige Datenanwendungen. Für Datenanwendungen gilt es also zusätzliche Sendeleistung einzuplanen. Anders als in GSM-Netzen ist in UMTS-Netzen der Zellradius nicht konstant, er hängt von der Anzahl der aktiven Teilnehmer und den benutzten Datenraten ab. Wenn eine UMTS-Zelle einen einzelnen Teilnehmer versorgen muss, der sich am Rand ihres Versorgungsbereichs aufhält, dann muss das Handy bereits mit voller Leistung senden.

Wenn weitere Mobilteile hinzukommen, wirken sie auf den ursprünglich allein versorgten Teilnehmer wie starke Störer. Soll die Verbindung erhalten bleiben, gibt es theoretisch zwei Möglichkeiten, die beide bewirken, dass die Basisstation den Teilnehmer wieder gut ‘hört’: Das Handy müsste die Sendeleistung erhöhen – was aber nicht mehr geht, da es ohnehin mit voller Leistung funkt – oder es müsste dichter an die Antenne der Zelle heranrücken. Daran wird ersichtlich, dass sich der Zellradius verringert hat.

Verlassen die ‘Störer’ die Zelle, kann der erste Teilnehmer den Abstand vergrößern. Die Zelle verändert also in Abhängigkeit von der Teilnehmerzahl ihren Versorgungsradius, sie pumpt. Auch die Erhöhung der Datenrate wirkt sich so aus.

Durch CDMA-Techniken ist die Kapazität in einer UMTS-Zelle nicht so starr vorgegeben wie beim GSM-Gegenstück. Je mehr Teilnehmer sich in einer Zelle befinden, desto höher sind allerdings die gegenseitigen Störungen. Netzbetreiber müssen daher die Teilnehmerzahl sinnvoll beschränken.

### Doppel-Herz

UMTS wird es in zwei Modi geben. Der hierzulande als Erstes angebotene Modus heißt WCDMA-FDD und kombiniert WCDMA mit Frequency Division Duplex (FDD). Die Nutzer eines Frequenzbereichs werden nur über Codes getrennt. Im FDD-Modus

werden kontinuierlich Daten gesendet. FDD eignet sich gut für symmetrischen Datenverkehr, wie er beim Sprachdienst auftritt, und für Zellen mit großem Versorgungsbereich, so genannte Makrozellen. Für die Sende- und Empfangsrichtung gibt es je ein Frequenzband von fünf MHz Breite. Diese Bereiche entsprechen je einem im August 2000 versteigerten Frequenzblock, respektive je einer 'halben' UMTS-Lizenz.

Der zweite Modus, WCDMA-TDD, kombiniert Time Division Duplex mit WCDMA und verwendet wie GSM eine Zeitrahmenstruktur. Jeder Rahmen besteht aus 15 Zeitschlitzten. Diese lassen sich nahezu beliebig beiden Übertragungsrichtungen zuordnen. Daher sind keine unterschiedlichen Frequenzbereiche für Sende- und Empfangsrichtung erforderlich.

Um Übersprechstörungen vorzubeugen, fügt man jedoch größere Schutzabstände an den Rändern der Zeitschlitzte ein. Deshalb kommt TDD hauptsächlich in Zellen mit kleinem Versorgungsbereich infrage, etwa für Indoor-Applikationen (Micro- und Picozellen). Zudem eignet sich TDD sehr gut für schnelle asymmetrische Dienste wie Internet-Surfen (High Speed Asymmetric Packet Data).

In Europa haben die Regulierer 25 MHz als 5-MHz-Blöcke für den ungepaarten TDD-Modus vergeben (1900 bis 1920 MHz sowie 2010 bis 2015 MHz). Zusätzlich gab es für den gepaarten FDD-Modus für jede Richtung je 60 MHz ebenfalls in 5-MHz-Blöcken (1920 bis 1980 MHz Uplink, 2110 bis 2170 MHz Downlink).

### Portionierte Frequenzbänder

Die Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post, RegTP, hat im Rahmen der Lizenzvergabe unter anderem Rufnummernportabilität, Call-by-Call sowie nationales Roaming zu den GSM-Netzbetreibern als Dienste vorgeschrieben. Diese Aufgaben fordern den sechs hiesigen UMTS-Netzbetreibern weitere Investitionen ab,

nachdem sie allein für die erstandenen UMTS-Frequenzbänder rund 50 Milliarden Euro berappen mussten.

Entsprechend wuchs nach der Lizenzvergabe der Zweifel an der Wirtschaftlichkeit der UMTS-Netze. Deshalb hat der finnische Netzbetreiber Sonera seine in Norwegen ersteinsteigerte Lizenz zurückgegeben und deshalb wollen die deutschen Netzbetreiber nun Teile der Infrastrukturen gemeinsam nutzen. Wer bereits ein eigenes GSM-Netz hat, wird zudem einen großen Teil der inneren Struktur der GSM-Netze auch für UMTS-Zwecke nutzen und so weitere Kosten sparen.

Mit dem Erwerb der UMTS-Lizenz hat sich jeder Betreiber gegenüber der Regulierungsbehörde verpflichtet, 25 Prozent der Bevölkerung bis Ende 2003 und bis Ende 2005 sogar 50 Prozent der Bevölkerung zu versorgen, und dafür sind sehr viele neue, teure Antennenstandorte notwendig. Immerhin, die 50-prozentige Versorgung dürfte man mit einer achtprozentigen Flächendeckung schaffen.

Nach aktuellem Stand der Spezifikation [3] gliedert sich die UMTS-Netzstruktur in drei Teile: Das User Equipment (UE) besteht wie bei GSM aus dem mobilen Endgerät – üblicherweise einem Handy – sowie einer SIM-Karte (Subscriber Identity Module). UMTS-Handys werden zumindest anfangs als Dual-Mode-Geräte auf den Markt kommen und dynamisch auf GSM-Betrieb umschalten können. Zudem soll in den Geräten eine verbesserte SIM-Karte zum Einsatz kommen, die so genannte Universal-SIM (USIM).

Zwischen GSM und UMTS gibt es eine Reihe weiterer Unterschiede. Ein UMTS-Handy kommuniziert über die Luftschnittstelle mit einer oder mehreren Node-B-Basisstationen. Dieser Baustein entspricht im GSM der Base Transceiver Station, BTS. Bewegt sich ein UMTS-Handy von Zelle zu Zelle, so muss wie beim GSM jeweils die nächste Zelle die Verbindung mit dem Handy übernehmen, da sonst das Gespräch abreißt.

Bei GSM und auch bei UMTS-TDD gibt es

nur eine Verbindung zwischen Handy und Netz, die unmittelbar zwischen Basisstationen weitergereicht wird. Sobald die Signalisierung abgeschlossen ist, setzen beide Seiten ‘hart’ auf einen neuen Kanal auf (Hard Handover). Falls keine UMTS-Ressourcen gegeben sind, wechselt das Handy in den GSM-Betrieb und lässt sich von der aktuell am besten geeigneten GSM-Zelle einen Kanal zuweisen. Wenn das fehlschlägt, sei es wegen Überlastung oder fehlender Netzdeckung, bricht die Verbindung ab.

Neu ist, dass UMTS-Handys im FDD-Modus eine Verbindung gleichzeitig über mehrere Basisstationen halten können. Dadurch kann das UMTS-Netz bewegte UMTS-Handys im FDD-Modus ‘gleitend’ zwischen den Stationen übergeben (Soft Handover). Da zudem zwei oder mehr Basisstationen dasselbe Signal senden, steigt die Empfangsqualität und Verbindungsabbrisse sind weniger wahrscheinlich (Macro Diversity).

In Senderichtung stellt Soft Handover keine neuen Anforderungen. Die Signale verschiedener Node-Bs erscheinen dem Handy so wie ein über mehrere Ausbreitungswege eintreffendes Signal einer einzelnen Station. Allerdings verbessert die Mehrfachausstrahlung die Gesamtleistung gegenüber GSM.

Dem Netz bürdet Soft Handover jedoch sehr viel Verwaltungsaufwand auf, da das über verschiedene Node-Bs empfangene Sendesignal des Handys der zugehörige Radio Network Controller (RNC) zusammenführen muss. Zudem soll auch ein über mehrere RNCs empfangenes Signal kombiniert werden können. Um den Verwaltungsaufwand zu reduzieren und wegen besserer Abstimmung sind die RNCs direkt miteinander verbunden.

Die RNCs entsprechen im GSM den Base Station Controllern (BSC, die sind jedoch nicht untereinander vernetzt, da es im GSM kein Soft Handover gibt). Sie bilden die Schnittstelle zum UMTS Radio Access Network, dem Kern des UMTS-Netzes (UTRAN). Das UMTS-Kernnetz nutzt zum

Teil Komponenten des GSM-Kernnetzes. Dazu gehören die Vermittlungsstellen, die Teilnehmerdatenbanken und die GPRS Support Nodes. Hauptsächlich sind für UMTS Software-Updates dieser Einheiten notwendig, natürlich auch Übertragungstrecken mit höheren Kapazitäten.

UMTS liefert eine höhere Versorgungskapazität als GSM, denn ein im Augenblick nicht aktiver Teilnehmer beansprucht viel weniger Funkressourcen und stört daher andere Teilnehmer kaum. Je mehr ‘stille’ oder nur vorübergehend funkende Teilnehmer in einer Zelle eingebucht sind, umso mehr nähert sich die Versorgungskapazität dem theoretischen Maximum.

GSM-Systeme können sich nicht so verhalten, da ein Kanal zu einem Zeitpunkt immer exklusiv einem Nutzer zur Verfügung steht. Das Datenfunkverfahren GPRS, das als GSM-Erweiterung in allen deutschen Mobilfunknetzen zu finden ist, verhält sich jedoch ähnlich wie UMTS. ‘Stille’ GPRS-Nutzer belegen ebenfalls kaum Bandbreite. Die Eigenschaften des UMTS-Übertragungskanal hängen stark davon ab, ob und wie schnell sich ein UMTS-Handy bewegt. Dem tragen unterschiedliche Datenraten Rechnung. Während beispielsweise gehende Teilnehmer mit bis zu 2 MBit/s versorgt werden können, reduziert sich die Datenrate bei zunehmender Geschwindigkeit auf 384 kBit/s oder sogar auf 144 kBit/s.

UMTS-Handys sind aber nicht nur sehr schnelle Datenmodems, gegenüber GSM-Pendants erscheinen sie auch weniger aufdringlich. GSM-Handys müssen sich für Ortungszwecke des Netzes immer wieder per Location Update beim Netz melden. Dabei senden sie alle 10 ms einen Rahmen mit hoher Sendeleistung. Das entspricht einem Takt von 217 Hz, der als störendes Summgeräusch hörbar wird, wenn Handys in der Nähe von Lautsprechern liegen. UMTS-Handys, die im FDD-Modus funken, wird man nicht hören, da sie ungepulst und mit ‘verschmierter’ (gespreizter) Leistung senden.

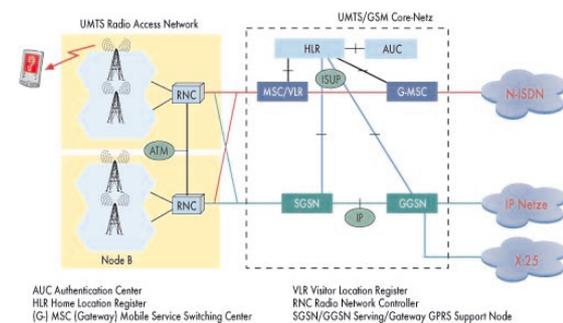
Letztlich zieht das für UMTS gewählte CDMA-Verfahren eine geringere Leistungsdichte pro Teilnehmer nach sich, so dass zwar mehr Antennenmasten installiert werden müssen, insgesamt aber UMTS-Endgeräte günstigere EMV-Eigenschaften als ihre GSM-Verwandten haben werden.

## UMTS-Dienste

Als wesentliches Argument für UMTS und damit für neue Dienste zieht man immer wieder die maximal mögliche Übertragungsrate von 2 MBit/s heran. Das entspricht der 32fachen Geschwindigkeit eines ISDN-Kanals (64 kBit/s). Doch das ist nur die Spitzendatenrate, die UMTS liefern kann, und zwar wenn sich das Empfangsgerät nicht oder nur langsam bewegt. Auch müssen sich alle in derselben Zelle befindlichen UMTS-Surfer diese Spitzenrate teilen. In der Praxis wird man daher deutlich niedrigere Werte erreichen und wohl nur selten über 384 kBit/s kommen. Immerhin, das ist die sechsfache Geschwindigkeit eines ISDN-Kanals. Der mobile Internet-Zugang, wie er schon bei GSM möglich ist, wird damit viel interessanter. Da die meisten UMTS-Dienste mit etablierten GSM-Diensten konkurrieren werden, dürfte UMTS hauptsächlich mit höheren Geschwindigkeiten locken.

Bislang befördern in GSM-Netzen spezielle GPRS-Handys bestenfalls rund 50 kBit/s; nach dem Endausbau erwartet man Spitzendatenraten von 107,2 kBit/s. Übliche Dienste wie WWW werden mit UMTS also deutlich komfortabler werden. UMTS-Handys können sich zudem ebenso wie GPRS-Pendants dauerhaft ins Internet einbuchen (always on), zeitabhängige Kosten fallen dabei nicht an. So lassen sich zum Beispiel E-Mails rund um die Uhr abholen – wie heute schon per i-mode-Handy via GPRS. Fachleute erwarten auch eine stärkere Verbreitung der ortsbezogenen Dienste, Location Based Services (LBS). UMTS-Handys werden sich wie heutige GSM-Gegenstücke

bei der Positionsbestimmung auf GPS-Signale oder auf Ortungsfunktionen des Mobilnetzes stützen. Jedoch wird die UMTS-gegenüber der GSM-Ortung genauer sein. Kombiniert mit schnelleren Datendiensten, dürften sich verfeinerte und neue ortsbezogene Dienste entwickeln. Damit könnte man Teilnehmer wie bisher mittels übertragenen Kartenausschnitten etwa zur nächsten U-Bahn-Haltestelle führen. Doch kann UMTS höhere Auflösungen liefern, zusätzlich auch Orientierungshilfen wie Umgebungsansichten. Dafür müssen natürlich die Auflösungen der Handy-Displays zunehmen.



*Eigentlich ist bei UMTS lediglich das Zugangnetz komplett neu. Das Kernnetz (rechts) entspricht bis auf zusätzliche Software und angepasste Datenraten weitgehend der GSM/GPRS-Infrastruktur.*

Auch Audio- und Video-Übertragungen werden mit UMTS möglich sein. Allerdings erreichen die laufenden Bilder natürlich nicht die Fernsehauflösung. Display-Auflösungen und Übertragungsgeschwindigkeiten werden zwar mit UMTS deutlich zunehmen, aber doch klar unter denen des TV-Mediums bleiben.

## Service-Qualität

Anders als beim herkömmlichen Fernsehmedium, bei dem etwa TV- und Videotext-Signale einfach nur mit bestimmter Sendeleistung ausgestrahlt werden und dann je nach Fehlerrate des Sendekanals in mehr oder minder guter Qualität beim Empfänger

ankommen, wird es bei UMTS je nach Anwendung Übertragungskanäle verschiedener Güte geben (Quality of Service, QoS).

Für Video- und Audio-Streamings wird man zum Beispiel Kanäle mit garantiert hoher Übertragungsrate und besserem Fehlerschutz nutzen, sodass funkvernetzte Nomaden zum Beispiel Musik von Internet-Radiostationen ohne Aussetzer genießen können. Parallel dazu könnten sie mit Freunden chatten über einen Kanal, der nur geringe Bandbreite braucht und auch hinsichtlich der Übermittlungsverzögerungen toleranter ist als Streaming-Anwendungen.

Entsprechend erwartet man für die verschiedenen Dienste unterschiedliche Abrechnungstarife. GPRS hat bereits in GSM-Netzen die Abrechnung nach übertragenem Datenvolumen eingebracht: Man zahlt nicht wie bisher für die Dauer einer Verbindung, sondern für die übertragene Datenmenge. Viele Surfer dürften das zumindest gerechter finden, denn bei zeitabhängigen Tarifen steigen ja die Kosten für dieselbe Datenmenge umso höher, je schlechter und damit langsamer die Verbindung ist. Mit der Volumenabrechnung werden die UMTS-Netzbetreiber den Preis sehr fein zu der genutzten Übertragungskapazität in Beziehung setzen können – hoffentlich auf einem attraktiveren Preisniveau als dem derzeit bei GPRS üblichen.

## Endgeräte

Jede neue Technik, nicht nur im Mobilfunkbereich, erfordert neue Endgeräte. Um etwa die schnellen GSM-Datenfunkverfahren HSCSD und GPRS nutzen zu können, musste man erst entsprechende Handys abwarten. UMTS-Handys könnten aber nicht nur mit neuen Diensten locken, sondern etwa dem WAP-Dienst mit fortgeschrittenen Farb-Displays attraktivere Plattformen bieten. Auch sind verbesserte Spracherkennung, später auch Sprachsynthese zu erwarten. Schon jetzt bringt die Kombination von Computer und Telefon neue Produkt-

gattungen hervor, etwa PDAs mit GSM-Modulen. Dieser Trend dürfte sich mit UMTS verstärken.

Neben UMTS werden 3G-Geräte auch den Nahbereichsfunk Bluetooth mitbringen, damit sie drahtlos mit Peripheriegeräten oder Notebooks kommunizieren können.

Die Miniaturisierung wird sich auch auf UMTS-Geräte auswirken. Den Internetfähigen, Video-streamenden ‘Alleskönner’ wird es sicher nicht so bald in Armbanduhr geben. Das reine UMTS-Telefon dagegen schon. Erste Designstudien gab es bereits auf verschiedenen Messen zu bestaunen. Zusätzlich dürften für spezielle Anwendungen ganz eigene Endgeräte entstehen, in vielen Fällen gar nicht als ‘Mobilfunker’ erkennbar. Beispielsweise sagen manche Fachleute UMTS im Fernseher, in der Mikrowelle oder gar im Kühlschrank voraus.

Mit zunehmender Verbreitung der Handys könnte das Festnetztelefon aussterben. Dafür spricht, dass etwa in Finnland bereits 1998 die Zahl der Mobilfunkanschlüsse die der Festnetzanschlüsse übertraf. Und schon jetzt gibt es Dienste, die die Erreichbarkeit des Nutzers unter einer einheitlichen Telefonnummer gewährleisten, der so genannten Universal Personal Telecommunications Number (UPT). Derzeit benutzt man dafür Rufumleitungen, die je nach Bedarf auf ein anderes Endgerät desselben Nutzers umgelenkt werden. Künftig soll es jedoch nur noch ein – eben mobiles – Endgerät geben.

## Ausblick

Bezogen sich die Änderungen von GSM zu UMTS hauptsächlich auf den Zugangsbereich zum Mobilfunknetz, so konzentrieren sich die Gremien nun auf die Kernnetze. Verwaltungs- und Vermittlungsfunktionen will man künftig in verschiedene physikalische Einheiten trennen. Beispielsweise soll die Vermittlung in einen MSC-Server für die Verwaltung von Verbindungen und in einen Media Gateway für den Vermittlungsvorgang gespalten werden. Ein MSC-Server soll

mehrere Media Gateways steuern können. Davon erhofft man sich bessere Skalierbarkeit der Netze.

Zudem ist vorgesehen, das Kernnetz so umzubauen, dass Steuerfunktionen des heutigen, SS7-basierten Signalisierungsprotokolls das Internet-Protokoll übernimmt. Wenn in Zukunft schon der größte Teil des Volumens IP transportiert, sollte dieses Protokoll auch die übrigen Aufgaben nach und nach übernehmen. Am Ende soll die gute alte Leitungsvermittlung ganz zu Gunsten der Paketvermittlung verschwinden.

### **Fazit**

Dem Netzbetreiber verspricht UMTS mit seiner ökonomischen Auslegung eine effizientere Nutzung der Frequenzen. Zwar kommen auf die Netzplaner neue Aufgaben hinzu, aufwendige alte Aufgaben der GSM-Netze fallen jedoch weg. Netzbetreiber können verschiedene Zellen konfektionieren, etwa für die Versorgung vieler Teilnehmer mit schmalbandigen Diensten wie Telefonie oder für die Versorgung weniger Teilnehmer mit hohen Datenraten.

Kunden dürfte jedoch die Qual der Wahl plagen. Schließlich bietet GSM schon mit GPRS attraktive Dienste. Auch dürfte mancher Netzbetreiber die nächste GSM-Evolutionsstufe EDGE einführen, die in puncto Geschwindigkeit zwischen GPRS und UMTS liegt. Da die UMTS-Lizenzen nun mal bezahlt werden müssen, kann man erwarten, dass Endgerätehersteller Wünsche von Netzbetreibern erfüllen und vielfältige Produkte für Datenanwendungen liefern, um so zusätzliche Anreize für Kunden zu generieren. Ob die Konkurrenz der sechs UMTS-Anbieter angesichts der hohen Einstandskosten bald zu sinkenden Tarifen führen wird, muss man jedoch abwarten.

### **Literatur**

- [1] IMT-2000, [www.imt-2000-online.com](http://www.imt-2000-online.com)
- [2] Dirk Nikolai, Klaus Daniel, Edgar Kühn, Turbolader für Funk-Bits, Zehnfach schneller drahtlos surfen mit EDGE, c't 19/2000, S. 190
- [3] UMTS-Spezifikation, ETSI TS 123002, Release 99, [www.etsi.org](http://www.etsi.org)