

UMTS - Universal Mobile Telecommunication System

S E M I N A R A R B E I T

vorgelegt bei

Prof. Dr. Wolfgang Effelsberg

Lehrstuhl Praktische Informatik IV

UNIVERSITÄT MANNHEIM

von

Dipl.-Wirtsch.-Inf. Ralf Daum

aus

Mannheim

Wintersemester 2000/2001

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	3
Abbildungsverzeichnis	5
Einführung	6
I. Mobilfunksysteme	6
1. Entwicklung der Mobilfunksysteme der ersten und zweiten Generation	6
2. Ziele und Standardisierung der Mobilfunksysteme der dritten Generation	8
II. Netzaufbau	11
1. UMTS-Architektur	11
2. Kernnetz und Funknetz	12
3. Datenrate und Zellstruktur	18
III. UMTS Terrestrial Radio Access (UTRA)	20
1. Frequenzspektrum	20
2. Zugriffsverfahren	21
3. Handover	24
Schlussbemerkung	25
Literaturverzeichnis	26

Abkürzungsverzeichnis

3GPP2	3 rd Generation Partnership Project number 2
3GPP	3 rd Generation Partnership Project
ARIB	Association of Radio Industry and Business
CATT	Beijing Xinwei Telecommunications Transmission Technology
CDMA	Code Division Multiple Access
CN	Core Network
CSCF	Call State Control Function
d.h.	das heißt
DECT	Digital Enhanced Cordless Telephone
E-Mail	Electronic Mail
EDGE	Enhanced Data Rates for GSM Evolution
ERAN	EDGE Radio Access Network
etc.	et cetera
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
evtl.	Eventuell
FDD	Frequency Division Duplex
FDMA	Frequency Division Multiple Access
FPLMTS	Future Public Land Mobile System
GPRS	General Packet Radio Service
GSM	Global System for Mobile Communications
HSCSD	High Speed Circuit Switched Data
HSS	Home Subscriber Server
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IMT-2000	International Mobile Telecommunications after the year 2000
ISDN	Integrated Services Digital Network
ITG	Informationstechnische Gesellschaft
ITU	International Telecommunication Union
kBit	Kilobit
km/h	Kilometer je Stunde
MBit	Megabit
MGCF	Media Gateway Control Function

MGW	Media Gateway Function
MHz	Megahertz
MSC	Mobile-Services Switching Centre
MT	Mobile Terminal
PDN	Public Data Network
PLMN	Public Land Mobile Network
PSTN	Public Switched Telephone Network
o. V.	ohne Verfasser
QoS	Quality of Service
R-SWG	Roaming Signalling Gateway Function
RITT	Research Institute of Telecommunications Transmission
S.	Seite
SIM	Subscriber Identity Module
SMS	Short Message Service
TD-CDMA	Time Division CDMA
TDD	Time Division Duplex
TDMA	Time Division Multiple Access
TE	Terminal Equipment
TIA	Telecommunications Industry Association
TR	Technical Report
TS	Technical Specification
T-SWG	Transport Signalling Gateway Function
TTA	Telecommunications Technologies Association
TTC	Telecommunication Technology Committee
UMTS	Universal Mobile Telecommunication System
UPT	Universal Personal Telecommunication
USA	United States of America
USIM	User Services Identity Module
UTRAN	UMTS Terrestrial Radio Access Network
UWCC	Universal Wireless Communications Consortium
Vgl.	Vergleiche
WAP	Wireless Application Protocol
WRC	World Radio Conference
z.B.	zum Beispiel

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Übertragungszeiten in Mobilfunksystemen	9
Abbildung 2: UMTS-Architektur	11
Abbildung 3: Kern- und Funknetz	13
Abbildung 4: All-IP-Referenzarchitektur Option 1	14
Abbildung 5: All-IP-Referenzarchitektur Option 2	15
Abbildung 6: UMTS QoS Architecture	17
Abbildung 7: UMTS-Netz	19
Abbildung 8: Frequenzspektrum	20

Einführung

Die Abkürzung „UMTS“ steht für Universal Mobile Telecommunication System. Dahinter verbirgt sich ein internationaler Standard für die dritte Generation von Mobilfunksystemen, der neue Dienstleistungen auf mobilen Endgeräten ermöglichen soll. Diese Arbeit möchte einen Überblick über die technologischen Grundlagen des Mobilfunksystems geben.

Die Arbeit gliedert sich in drei Abschnitte. Der erste Abschnitt ordnet UMTS in die Entwicklung der Mobilfunksysteme ein und untersucht die mit UMTS verbundenen Standardisierungsaktivitäten. Der zweite Abschnitt geht auf den Netzaufbau ein. Die Netzwerkstruktur, das Kernnetz und Funknetz sowie die Datenrate und Zellstruktur werden behandelt. Im Mittelpunkt des dritten Kapitels steht der UMTS Terrestrial Radio Access (UTRA). Die drei Unterabschnitte erläutern das Frequenzspektrum, die Zugriffsverfahren und die verschiedenen Formen des Handover.

I. Mobilfunksysteme

1. Entwicklung der Mobilfunksysteme der ersten und zweiten Generation

Die Mobilkommunikation gehört zu den wichtigsten Entwicklungen der Telekommunikation. In Deutschland begann diese Entwicklung 1957 mit der Einführung von voneinander unabhängigen Mobilfunknetzen in größeren Städten. Zwischen 1957 und 1978 wurden diese Inselnetze zu einem nationalen Netz mit Handvermittlung, dem so genannten A-Netz zusammengefasst. Ab 1972 entstand ein weiteres Netz, das B-Netz, das einen Selbstwähldienst anbot. Allerdings musste der Anrufer wissen in welchem der 170 Funkbereiche sich der gewünschte Gesprächspartner gerade befindet. Einen landesweiten Selbstwähldienst mit einheitlicher Vorwahl bietet seit 1986 das C-Netz an. Es arbeitet bei der Sprachübertragung mit analogen Signalen, während die Signalisierung bereits digital übermittelt wird.¹

Diese Mobilfunknetze der ersten Generation erstreckten sich nur innerhalb der jeweiligen Ländergrenzen. Die Netze bzw. Systeme in Europa waren untereinander

¹ Vgl. Gerd Siegmund, Technik der Netze, 4. Aufl., Heidelberg 1999, S. 657.

nicht kompatibel, ein gemeinsamer europäischer Standard fehlte.

Zu den Mobilfunksystemen der zweiten Generation zählen in Deutschland derzeit die digitalen D- und E-Netze, die über den GSM-Standard verfügen. Im Gegensatz zu den analogen Systemen entstand mit GSM ein durchgängiges digitales, europäisches Mobilfunksystem, das nicht an den Landesgrenzen endet. Innerhalb Europas können die Teilnehmer des Netzes unter ihrer Rufnummer (mit Länderkennzahl und Mobilfunknetz-kennzahl) überall erreicht werden.² Die GSM-Funkfeststationen arbeiten im Frequenzbereich von 900 MHz (D-Netz) bzw. 1800 MHz (E-Netz) und bilden durch die Aussendung des hochfrequenten Signals eine Funkzelle. Die Funkzellen überlappen sich geographisch, ohne sich gegenseitig zu stören und bilden zusammen ein Mobilkommunikationsnetz. Das GSM-Netz war ursprünglich als reines Sprachkommunikationsmedium konzipiert und nicht zur Übertragung größerer Datenmengen gedacht, weshalb sich der Einsatz der Endgeräte im Wesentlichen auf die Sprachübertragung, Fax- und Datendienste sowie Übertragung von Kurzmitteilungen (SMS, Short Message Service) beschränkt. Verschiedene Aufrüstungen und Erweiterungen sollen die Leistungsfähigkeit der GSM-Systeme der zweiten Generation erhöhen. WAP (Wireless Application Protocol) ermöglicht den mobilen Zugang zum Internet über ein spezielles Gateway. GPRS (General Packed Radio Service) erweitert GSM um einen verbindungslosen, paketvermittelnden Dienst und verbessert damit den Internet-Zugriff.³ HSCSD (High Speed Circuit Switched Data) und EDGE (Enhanced Data Services for GSM Evolution) steigern die maximale Datenübertragungsrate durch Kanalbündelung bzw. modifizierte Modulationsverfahren.⁴ Mit Hilfe dieser Erweiterungen steht den Anwendern ein paketorientierter Dienst, variable Datenraten bis zu 384 kBit/s und die Möglichkeit asymmetrischer Up- und Downlinks zur Verfügung. Trotz dieser kontinuierlichen Weiterentwicklung bleiben einige Nachteile bestehen:

- Auch durch Roaming innerhalb bestehender GSM-Netze bleibt der Nutzungsradius der Mobiltelefone beschränkt. Die Systeme der zweiten Generation gewährleisten weder eine globale Erreichbarkeit noch einen nahtlosen, konsistenten Zugang zu allen angebotenen Dienstleistungen.

² Vgl. Ernst J. Durwen, UMTS – Stand und Perspektiven für Europa, in: ITG Fachbericht, 1997, Heft 141, S. 157-168, hier S. 157.

³ Vgl. Andreas Schieder, Entwicklung von GSM zu UMTS, in: ITG Fachbericht, 1998, Heft 151, S. 33-38, hier S. 35.

⁴ Vgl. Wolfgang Hascher, Multimedia im Handy, in: Elektronik, 1999, Heft 15, Seite 83-87, hier S. 83 ff.

- Eine weitere Einschränkung entsteht durch die verwendeten schmalbandigen Übertragungstechniken, die nur niedrige Datenübertragungsraten liefern. Die Techniken reichen für Sprachübertragung und einfache Datendienste aus, aber nicht für Multimediaanwendungen.⁵
- Die Anwender von Informations- und Kommunikationstechnologien verfügen heute über eine Vielzahl von Interaktionsmöglichkeiten. Neben verschiedenen Mobilfunksystemen, dem herkömmlichen Festnetzanschluss evtl. mit schnurlosen DECT-Geräten, Faxanschluss und Pagern existiert noch eine Vielzahl an weiteren Dienstleistungen über das Internet wie z.B. E-Mail. Ein entscheidender Nachteil liegt in der Inkompatibilität der Systeme untereinander. Jedes System besitzt seine eigene Rufnummer bzw. Adresse. Anrufer bzw. Nachrichtensender müssen zwischen verschiedenen Nummern und Adressen unterscheiden, der Anrufer bzw. Nachrichtempfänger muss mehrere Endgeräte überwachen.

2. Ziele und Standardisierung der Mobilfunksysteme der dritten Generation

Um die Nachteile der Systeme der zweiten Generation zu beseitigen, gelten für die Mobilfunksysteme der dritten Generation folgende Vorgaben:⁶

- Verfügbarkeit der Dienste unabhängig von der Art des Zugangs (Mobilfunk, Festnetz etc.), der Art der Dienstbereitstellung (regionale, nationale oder globale Netze etc.) und der Art des Aufenthalts (Gebäude, im Verkehrsmittel etc.)
- Weltweites Roaming verbunden mit der Aufnahme des schnurlosen Nahbereichs in den Leistungsumfang, an Bedarf und Umgebung angepasste Zellstrukturen sowie Integration der Satellitenanbindung in existierende Netzwerke
- Unabhängigkeit der Benutzeroberfläche vom Netzzugang, insbesondere Realisierung einer „virtuellen Heimumgebung“ (VHE - Virtual Home Environment), die die

⁵ Vgl. Andreas Schieder, Entwicklung von GSM zu UMTS, in: ITG Fachbericht, 1998, Heft 151, S. 33-38, hier S. 36.

⁶ Vgl. Paul Walter Baier, Peter Jung und Anja Klein, Taking the Challenge of Multiple Access for Third-Generation Cellular Mobile Radio Systems – A European View, in: IEEE Communications Magazine, 1996, Heft 2, S. 82-89, hier S. 82 sowie Ernst J. Durwen, UMTS – Stand und Perspektiven für Europa, in: ITG Fachbericht, 1997, Heft 141, S. 157-168, hier S. 158 f.

Speicherung einer benutzerspezifischen Konfiguration im Netz erlaubt⁷

- Unterstützung des UPT-Konzeptes (Universal Personal Telecommunication Service), d.h. jeder Teilnehmer besitzt eine persönliche Rufnummer unabhängig von der Netzumgebung
- Offene Schnittstellen
- Zugang zu Breitband- und Multimediadiensten sowie dynamische Bandbreitenanpassung
- Auslegung der Systemkapazität für den Massenmarkt

Die Systeme der zweiten Generation mit ihren Erweiterungen befinden sich auf dem Weg etliche Punkte dieses Anforderungsprofils zu erfüllen. Deren Ablösung durch die Mobilfunksysteme der dritten Generation erscheint nicht gerechtfertigt. Vielmehr bauen die Systeme der dritten Generation auf den Strukturen der zweiten auf, bis durch weitere Änderungen ein vollständiges System der dritten Generation entstanden ist.⁸

Abbildung 1 vergleicht die Übertragungszeit in verschiedenen Mobilfunksystemen.

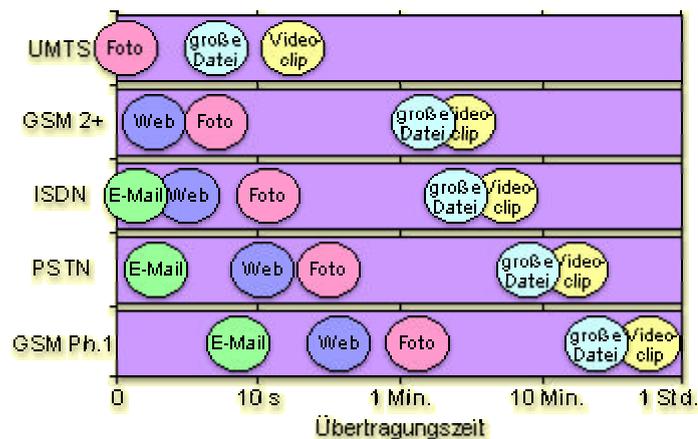


Abbildung 1: Übertragungszeiten in Mobilfunksystemen

Quelle: Arbeitsgruppe Mobilkommunikation (Hrsg.), UMTS - Universal Mobile Telecommunications System, <http://www.nt.tuwien.ac.at/mobile/projects/UMTS/welcome/de/>

Die ITU (International Telecommunications Union) entwickelt unter dem Namen IMT-2000 (International Mobile Communication after the year 2000) für die Systeme der

⁷ Vgl. William Johnston, Europe's future mobile telephony system, in: IEEE Spectrum, 1998, Heft 1, S. 49-53, hier S. 51.

⁸ Vgl. Andreas Schieder, Entwicklung von GSM zu UMTS, in: ITG Fachbericht, 1998, Heft 151, S. 33-38, hier S. 36.

dritten Generation einen weltweiten systemübergreifenden Standard. Folgende Gremien sind im Wesentlichen beteiligt:

- ETSI (European Telecommunications Standards Institute) in Europa
- RITT (Research Institute of Telecommunications Transmission) und CATT (Beijing Xinwei Telecommunications Technology) in China
- ARIB (Association of Radio Industry and Business) und TTC (Telecommunication Technology Committee) in Japan
- TTA (Telecommunications Technologies Association) in Korea
- TIA (Telecommunications Industry Association) und T1P1 in den USA

Weil die beteiligten Institutionen die bestehende Infrastruktur der einzelnen Länder weitgehend erhalten wollten, scheiterte eine Harmonisierung der unterschiedlichen Mobilfunksysteme Europas, Japans und der USA. Einige regionale Gremien haben sich wiederum in internationalen Kooperationsprojekten wie 3GPP (Third-Generation Partnership Project) und 3GPP2 (Third-Generation Partnership Project number 2) zusammengeschlossen.⁹ Eine Vielzahl von Standardisierungsorganisationen in verschiedenen Regionen haben bei der ITU Vorschläge eingereicht. Die ITU wählte unter den Systemvorschlägen drei aus:

- **UMTS**, das von dem Gremium 3GPP¹⁰ standardisiert wird, zu dessen Mitgliedern auch das Europäische Standardisierungsinstitut ETSI gehört.¹¹
- **CDMA2000**, das die 3GPP2¹² festlegt. Bei CDMA2000 handelt es sich um eine Weiterentwicklung des cdmaOne-Standards.
- **UWC-136** der UWCC¹³, das auf der Weiterentwicklung von GSM zu EDGE basiert und das TDMA-Verfahren einsetzt.

⁹ Vgl. Werner Mohr, Internationale Standardisierungsaktivitäten zur Definition der dritten Mobilfunkgeneration, in: Frequenz, 2000, Heft 3-4, S. 97-105, hier S. 98.

¹⁰ Vgl. <http://www.3gpp.org/>.

¹¹ Vgl. Antun, Samukic, UMTS Universal Mobile Telecommunications System: Development of Standards for the Third Generation, in: IEEE Transactions on Vehicular Technology, 1998, Heft 4, S. 1099-1104, hier S. 1099. Seit August 2000 hat das 3GPP die Standardisierungsarbeit von der ETSI übernommen.

¹² Vgl. <http://www.3GPP2.org>.

¹³ Vgl. <http://www.uwcc.org>.

Die IMT-2000-Spezifikationen legen fest, welche Rahmenbedingungen Mobilfunksysteme erfüllen müssen, um der Familie der Mobilfunksysteme der dritten Generation angehören zu können. Die Systeme sollen verbindungs- und paketorientierte Dienste sowohl mit symmetrischen als auch unsymmetrischen Kapazitätsanforderungen im Uplink und Downlink in unterschiedlichsten Gebieten mit Mindestanforderungen an die Übertragungsraten unterstützen.¹⁴

II. Netzaufbau

1. UMTS-Architektur

Die Architektur besteht aus zwei Hauptbereichen, der **User Equipment Domain**, die auf Ausstattung und Funktionen der Endgeräte der Benutzer für den Zugriff auf UMTS-Dienste eingeht, und der **Infrastructure Domain**, die die benötigte physikalische Infrastruktur für die Bereitstellung der UMTS-Dienste beschreibt.¹⁵

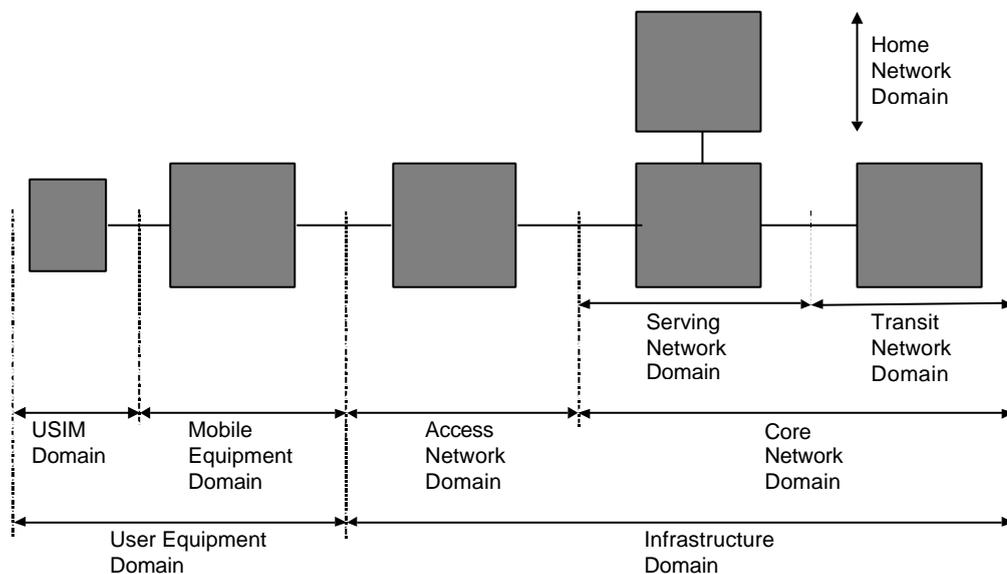


Abbildung 2: UMTS-Architektur

Quelle: In Anlehnung an ETSI (Hrsg.), Universal Mobile Telecommunications System (UMTS) - General UMTS Architecture, TS 123.101, Sophia Antipolis 2000, S. 7.

¹⁴ Vgl. Werner Mohr, Internationale Standardisierungsaktivitäten zur Definition der dritten Mobilfunkgeneration, in: Frequenz, 2000, Heft 3-4, S. 97-105, hier S. 97 f.

¹⁵ Vgl. ETSI (Hrsg.), Universal Mobile Telecommunications System (UMTS) - General UMTS Architecture, TS 123.101, Sophia Antipolis 2000, S. 7 f.

Die User Equipment Domain umfasst wiederum die User Services Identity Module (USIM) Domain und die Mobile Equipment Domain. Die USIM-Domain beinhaltet alle Informationen und Funktionen, die das Endgerät eindeutig und sicher gegenüber dem Netz identifizieren.¹⁶ In der Regel befindet sich das USIM auf einer SIM-Karte, die eindeutig einem Benutzer zugeordnet ist. Die Mobile Equipment Domain führt die Funkübertragung durch und enthält alle dazu benötigten Anwendungen und Funktionen.

Die Infrastructure Domain unterscheidet die Access Network Domain und die Core Network Domain. Die Access Network Domain ermöglicht den Teilnehmern den Zugang zum UMTS-Netz, indem sie die Verbindung zwischen User Equipment Domain und Core Network herstellt. Bei der Core Network Domain handelt es sich um eine aus verschiedenen Transportnetzen wie PDN- (Public Data Network), GSM- oder ISDN-Netze bestehende integrale Plattform, die über Netzübergänge miteinander verbunden sind.¹⁷ Sie lässt sich wiederum unterteilen in die:

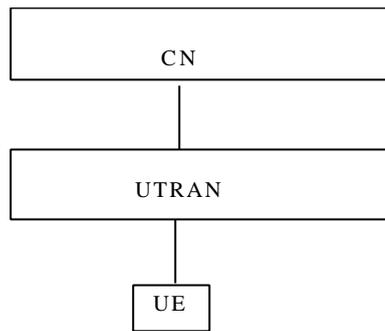
- Serving Network Domain, die mit der Access Network Domain verbunden ist und alle für den Teilnehmer ortsabhängige Funktionen realisiert. Diese Funktionen folgen der Bewegung des Teilnehmers innerhalb des Netzes.
- Transit Network Domain, die für die Schnittstelle zu anderen Netzen zuständig ist.
- Home Network Domain, die vom Aufenthalt des Benutzers unabhängige benutzer-spezifische Funktionalitäten beinhaltet. Dazu zählen beispielsweise die Speicherung persönlicher Daten des Benutzers oder des Benutzerprofils, also hauptsächlich Funktionen, die Service Provider zur Erbringung ihrer Dienstleistungen benötigen.

2. Kernnetz und Funknetz

Ein UMTS-Netz gliedert sich in das Kernnetz und das Funknetz.

¹⁶ Vgl. Franseco Delli Priscoli, UMTS Architecture for Integrating Terrestrial and Satellite Systems, in: IEEE Multimedia, 1999, Heft 4, S. 38-45, hier S. 39.

¹⁷ Vgl. Bernhard Walke, Mobilfunknetze und ihre Protokolle, Band 1, Stuttgart, Leipzig und Wiesbaden 2000, S. 387.



CN Core Network
 UTRAN UMTS Terrestrial Radio Access Network
 UE User Equipment

Abbildung 3: Kern- und Funknetz

Quelle: 3GPP (Hrsg.), UTRAN Overall Description, TS 25.401, Sophia Antipolis 2000, S. 9

Das Kernnetz besteht aus Verbindungsknoten, die ein Netz miteinander verknüpfen. Es verbindet die Funkübertragungseinrichtungen (Basisstationen) untereinander und schafft auch Übergänge zu ISDN-Telefonnetzen, Highspeed-Datenleitungen und Internet. Die Übertragung der Sprach-, Multimedia oder Internetdaten erfolgt konventionell über Lichtleiter, Koaxialkabel oder Richtfunkstrecken. Das Kernnetz von UMTS sollte ursprünglich (UMTS Release 99) eine evolutionäre Weiterentwicklung des bestehenden GSM-Kernnetzes sein. Diese Entscheidung beruhte hauptsächlich auf wirtschaftlichen Gründen. Bereits getätigte Investitionen in das GSM-Netz sollten erhalten bleiben und gleichzeitig das GSM-Netz weiterhin zur Verfügung stehen. Eine Erweiterung erfährt das Kernnetz durch das UMTS Release 2000 „All IP based Network“, das eine durchgehende IP-basierte Übermittlung von Endgerät zu Endgerät bzw. zum externen Applikationsserver spezifiziert.¹⁸ Dabei handelt es sich um eine vollkommen neue Netzinfrastruktur, die sowohl kanalvermittelnd als auch paketvermittelnd Daten übermittelt und den Zugriff auf ERAN und URAN ermöglicht.¹⁹ Die All-IP-Architektur besitzt einige Erweiterungen bzgl. GSM/GPRS hinsichtlich der Funktionalitäten:²⁰

¹⁸ Vgl. Stephane Breyer u.a., A Global View Of The UMTS Concept, in: Alcatel Telecommunications Review, 1999, Heft 3, S. 219-227, hier S. 223 f.

¹⁹ Vgl. Matthias Krieger, UMTS Release 2000: "All IP based CoreNetwork", http://www.monitor.co.at/index.htm?ausgaben/2000_09/umts.html~main.

²⁰ Vgl. 3GPP (Hrsg.), Architecture for an All IP network, TR 23.922, Sophia Antipolis 2000, S. 19 ff.

- Die Call State Control Function (CSCF) kontrolliert das gesamte Callmanagement (sowohl kanalvermittelnd als auch paketvermittelnd), verwaltet benutzerspezifische Daten, übernimmt das Adress Handling etc.
- Der Home Subscriber Server (HSS) verwaltet alle routing- und servicerelevanten Teilnehmerdaten. Es übernimmt damit die Funktionen des Home Location Registers (HLR) des GSM-Netzes, erweitert um die Möglichkeit, über IP-Schnittstellen zu kommunizieren.
- Die Transport Signalling Gateway Function (T-SGW) und die Roaming Signalling Gateway Function (R-SGW) konvertieren die eingehende Signalisierung zu einer IP-basierenden.
- Die Media Gateway Control Function (MGCF) regelt die Protokollkonvertierung zwischen fremden PSTN/PLMN-Netzen und dem All IP based Network
- Die Media Gateway Function (MGW) übernimmt die Verbindung zu den PSTN/PLMN-Netzen.

Der Gateway GPRS Support Node (GGSN) dient weiterhin als Schnittstelle zu externen Netzen und der Serving GPRS Support Node (SGSN) zur Zustellung der Datenpakete von und zu Mobilstationen.

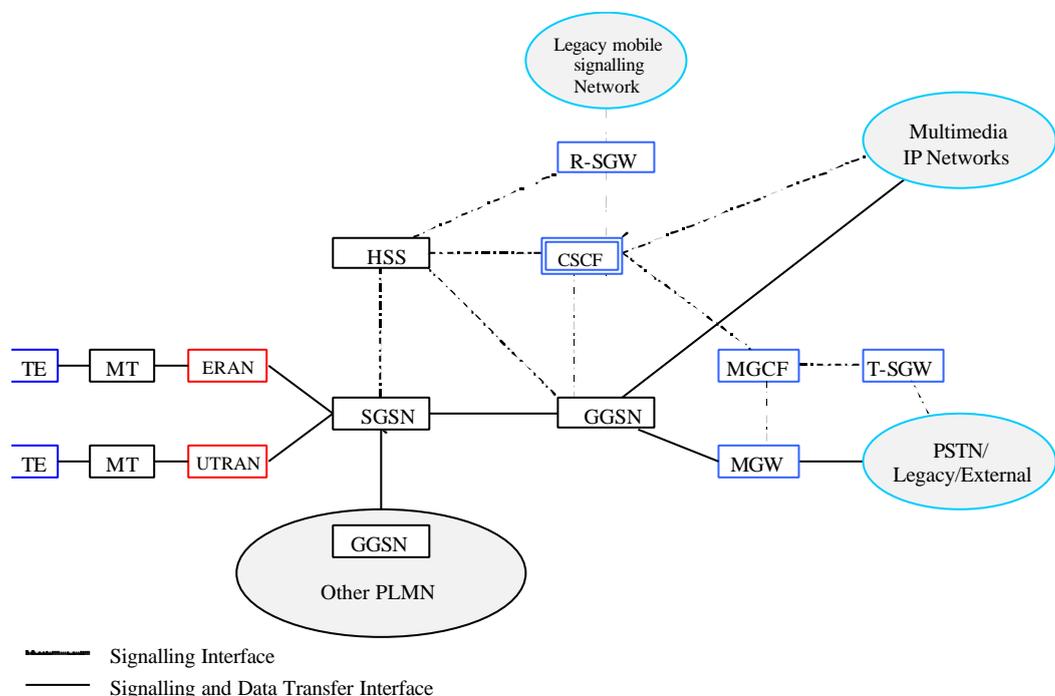


Abbildung 4: All-IP-Referenzarchitektur Option 1

Quelle: In Anlehnung an 3GPP (Hrsg.), Architecture for an All IP network, TR 23.922, Sophia Antipolis 2000, S. 16.

Das Release 2000 sieht zwei Optionen für die All-IP-Architektur vor. Option eins basiert auf einer von Release 99 völlig unabhängigen Architektur. Die auf Pakettechnologien und IP-Telefonie basierende Architektur sorgt für die Anwendung der IP-Technologie bei Diensten der dritten Generation. Option zwei unterstützt weiterhin kanalvermittelnde Geräte des Release 99 und unterstützt gleichzeitig die IP-basierten Dienste von Option eins.²¹ Dazu benötigt sie zwei weitere neue Funktionalitäten: Der MSC Server und GMSC Server bestehen hauptsächlich aus den Call Control und Mobility Control Elementen des GSM/UMTS R99 MSC bzw. GMSC und sind für die Signalisierung bei kanalvermittelnden Diensten zuständig.²²

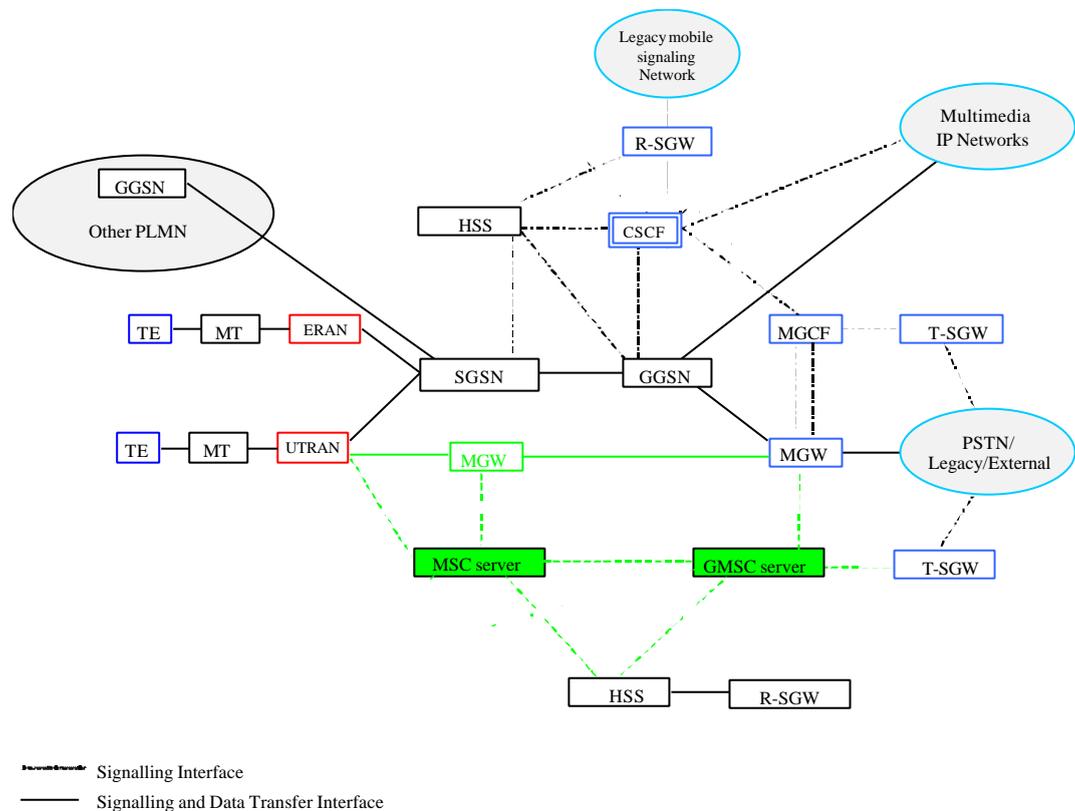


Abbildung 5: All-IP-Referenzarchitektur Option 2

Quelle: In Anlehnung an 3GPP (Hrsg.), Architecture for an All IP network, TR 23.922, Sophia Antipolis 2000, S. 18

²¹ Vgl. Josef F. Huber, Dirk Weiler und Hermann Brand, UMTS – the Mobile Multimedia Vision for IMT-2000: A Focus on Standardization, in: IEEE Communications Magazine, 2000, Heft September, S. 129-136, hier S. 133.

²² Vgl. 3GPP (Hrsg.), Network Architecture (Release 1999), TR 23.002, Sophia Antipolis 2000, S. 15, 3GPP (Hrsg.), Architecture for an All IP network, TR 23.922, Sophia Antipolis 2000, S. 24 sowie Bernhard Walke, Mobilfunknetze und ihre Protokolle, Band 1, Stuttgart, Leipzig und Wiesbaden 2000, S. 303 und 389.

Dagegen handelt es sich beim UMTS-Funknetz nicht um eine Weiterentwicklung des GSM-Funknetzes, sondern um eine Neuentwicklung. Das Funknetz umfasst die Mobilstation (Endgerät), die Basisstation (Sendeempfänger und dazugehörige Steuereinrichtung) und die Funkübertragung (Funkschnittstelle) zwischen Mobil- und Basisstation. Insbesondere bei der Methode der Funkübertragung handelt es sich um eine revolutionäre Neuentwicklung. Das UMTS-Funknetz arbeitet mit einer komplexen, hierarchischen Zellstruktur, die unterschiedliche Transfargeschwindigkeiten zulässt.²³ Neben dem Aufbau des UMTS-Funknetzes findet eine Weiterentwicklung und Weiterverwendung des GSM-Funknetzes statt. Das bedeutet, dass ein gemeinsames Kernnetz, aber zwei getrennt nebeneinander bestehende Funknetze für UMTS und GSM entstehen. Das UMTS-Funknetz ermöglicht dank der größeren Bandbreite der Frequenzkanäle und eines neuen Übertragungsverfahrens Multimediaanwendungen (Sprache, Daten, Text, Bilder, Audio und Video mit einer maximalen Datenrate von 2 MBit/s). Aus Kostengründen wickeln die Betreiber zumindest in den Anfangsjahren nach der Einführung von UMTS die reine Sprachübertragung (ohne Multimedia) weiterhin über GSM ab.

Der Entwurf des Mobilfunknetzes muss so gestaltet sein, dass die Trägerdienste mit einer festgelegten Mindestwahrscheinlichkeit vorgegebene Diensteigenschaften z.B. maximale Bitfehlerrate erfüllen. Abbildung 6 beschreibt die QoS-Architektur eines UMTS-Trägerdienstes. Der Datenverkehr zwischen zwei Endgeräten nutzt verschiedene Trägerdienste der Netzwerke. Der End-to-End-Service auf der Anwendungsebene greift auf die Trägerdienste der darunter liegenden Netzwerke, den TE/MT Local Bearer Service, den UMTS Bearer Service und den External Bearer Service, zurück. Sowohl der TE/MT Local Bearer Service als auch der External Bearer Service liegen außerhalb des Interesses des UMTS-Netzwerks und finden bei den Spezifikationen keine Berücksichtigung. Der UMTS Bearer Service, der für die QoS des UMTS-Netzwerkes sorgt, besteht wiederum aus zwei Diensten, dem Radio Access Bearer Service und dem Core Network Bearer Service. Der Radio Access Bearer Service ist für die Verbindung zwischen dem Mobile Terminal und dem Core Network zuständig. Er greift auf die Dienste des Radio Bearer Service und des Iu-Bearer Service zurück. Der Radio Bearer Service übernimmt alle Aspekte des Transports über die Mobilfunkschnittstelle. Er benutzt

²³ Der folgende Abschnitt geht detailliert auf die Zellstruktur ein.

UTRA FDD/TDD, auf das später eingegangen wird. Der Iu-Bearer Service zusammen mit dem Physical Bearer Service sorgt für den Transport zwischen UTRAN und dem Core Network. Der Core Network Bearer Service verbindet das UMTS CN Iu Edge Node mit dem CN Gateway zu externen Netzwerken. Er benutzt einen Backbone Network Service.²⁴

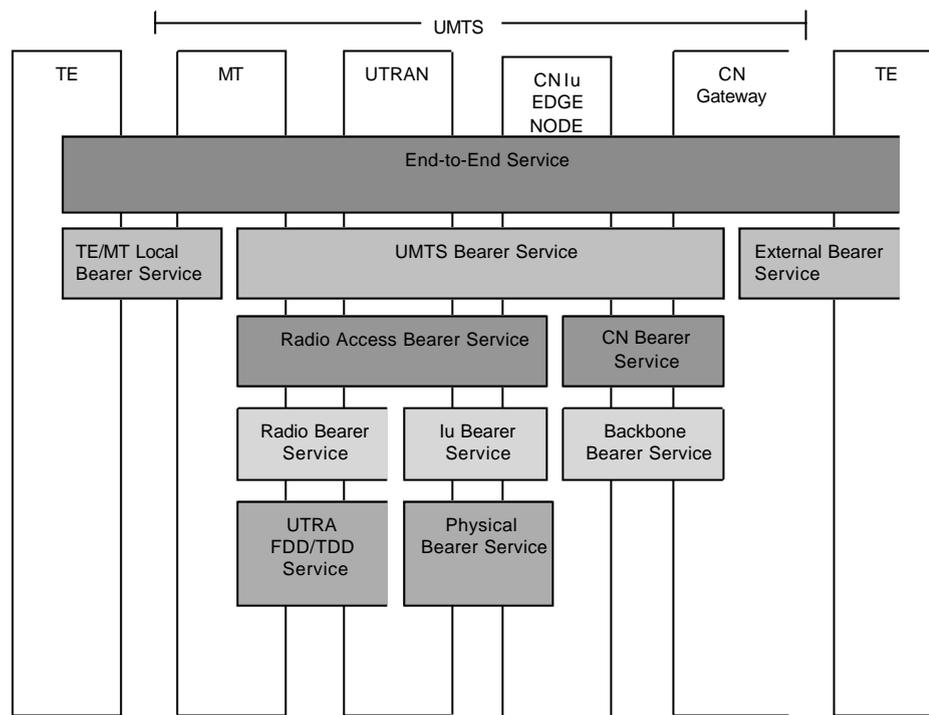


Abbildung 6: UMTS QoS Architecture

Quelle: 3GPP (Hrsg.), QoS Concept and Architecture, TS 23.107, Sophia Antipolis 2000, S. 9

Mit dieser Architektur unterstützt UMTS vier QoS-Klassen:²⁵

- **Conversational:** Sprach-, Videotelefonie, Voice-over-IP etc. Übertragung in beide Richtungen in Echtzeit.
- **Streaming:** Ansehen von Videos oder Anhören von Musik. Übertragung nur in eine Richtung.
- **Interactive:** Web-Browsing, Datenbankabfragen, etc. Bedeutung geringer Bitfehler-raten.
- **Background:** Download von Datendateien, E-Mail-Postfach überprüfen, etc.

²⁴ Vgl. 3GPP (Hrsg.), QoS Concept and Architecture, TS 23.107, Sophia Antipolis 2000, S. 9 f.

²⁵ Vgl. 3GPP (Hrsg.), QoS Concept and Architecture, TS 23.107, Sophia Antipolis 2000, S. 13 f.

3. Datenrate und Zellstruktur

Die Übertragungsraten von UMTS sollen die der Mobilfunksysteme der zweiten Generation deutlich übertreffen. Die Maximalübertragungsrate von 2 MBit/s steht aber nicht flächendeckend zur Verfügung, sondern nur in manchen Gebäuden und so genannten Hot Spots, die im quasistationären Betrieb arbeiten. In der Fläche stehen bei Geschwindigkeiten unter 120 km/h 384 kBit/s zur Verfügung. Die Mindestübertragungsrate unabhängig von Standort und Geschwindigkeit des Benutzers liegt bei 144 kBit/s. Die hohen Datenraten machen im Mobilfunk neue Anwendungen und Dienste wie E-Commerce, mobiles Multimedia oder mobile Video-Übertragungen möglich.

UMTS arbeitet zur Realisierung der Übertragungsraten und der Einbindung großer Gebiete mit einer mehrschichtigen Zugangsstruktur. Die jeweils höhere Hierarchieebene versorgt geografisch ein größeres Gebiet als die nächstniedrigere.²⁶ In der höchsten Hierarchieebene erschließen Satelliten große, möglicherweise dünn besiedelte Gebiete, ohne dort eine Infrastruktur aufbauen zu müssen und ermöglichen so eine globale Versorgung. Sie gewährleisten eine Datenrate von 144 kBit/s. Durch Satelliten lassen sich auch höhere Übertragungsraten erreichen, was aber eine deutlich höhere Sendeleistung (und damit größere Akkus) der Endgeräte erfordert. Die darunter liegenden Hierarchieebenen bilden das erdgestützte Funknetz (UMTS Terrestrial Radio Access Network - UTRAN). Jede Ebene besitzt einen zellularen Aufbau. Mit absteigender Hierarchieebene nimmt der Radius der Zellen ab. Kleinere Zellen erlauben eine größere Teilnehmerdichte. Das UTRAN besteht aus Makro-, Mikro- und Pikozellen:²⁷

- Macro-Zellen

Die Macro-Zellen erstrecken sich über ein größeres abgeschlossenes Gebiet z.B. eine ganze Stadt und dienen dort der flächendeckenden Grundversorgung. Die maximale Datenrate beträgt 144 kBit/s bei einer Höchstgeschwindigkeit von 500 km/h.

- Micro-Zellen

Die Micro-Zellen decken eine Fläche von einigen Quadratkilometern ab. Sie bieten

²⁶ Vgl. Theodore S. Rappaport, *Wireless Communications*, Upper Saddle River – New Jersey 1996, S 480 f.

²⁷ Vgl. ETSI (Hrsg.), *UMTS Terrestrial Radio Access System (UTRA)*, TR 101.111, Sophia Antipolis 1997, S. 8 und S. 16 sowie William Johnston, *Europe's future mobile telephony system*, in: *IEEE Spectrum*, 1998, Heft 1, S. 49-53, hier S. 51 f.

eine Datenrate von mindestens 384 kBit/s bei Höchstgeschwindigkeit von 120 km/h und bis zu 2 MBit/s bei langsamer Fortbewegung. Sie dienen vor allem der zusätzlichen Versorgung von dicht besiedelten Gebieten.

- Pico-Zellen

Nur innerhalb der Pico-Zellen steht die maximale Übertragungsrate von 2 MBit/s bei einer Höchstgeschwindigkeit von 10 km/h zur Verfügung. Sie besitzen einen Durchmesser von wenigen hundert Metern und befinden sich im Haus des Teilnehmers, in Firmen, auf Messen etc. oder in so genannten "hot spots" wie Flughäfen oder Bahnhofshallen. In Pico-Zellen bietet sich die Weiterentwicklung der schnurlosen DECT-Technologie an, die über Festnetzanschlüsse die Verbindung zum Kernnetz herstellt.

Die Integration unterschiedlicher Sendebereiche bietet einen entscheidenden Vorteil gegenüber GSM. Es ermöglicht den Aufbau eigener unter Umständen nicht genehmigungspflichtiger UMTS-Netze in größeren Gebäuden oder abgeschlossenen Gebieten (z.B. Firmengelände), die aber in das globale UMTS-Netz eingebunden sind.

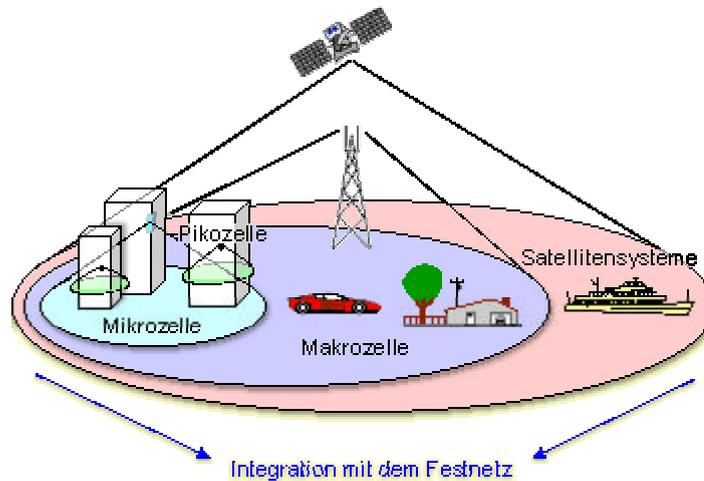


Abbildung 7: UMTS-Netz

Quelle: Arbeitsgruppe Mobilkommunikation (Hrsg.), UMTS - Universal Mobile Telecommunications System, <http://www.nt.tuwien.ac.at/mobile/projects/UMTS/welcome/de/>

III. UMTS Terrestrial Radio Access (UTRA)

1. Frequenzspektrum

1992 wurde auf der WRC (World Radio Conference) für das FPLMTS-System (Future Public Land Mobile Telephone System, die Vorgängerbezeichnung von IMT-2000) ein Frequenzspektrum von 230 MHz festgelegt. Es umfasst weltweit die Frequenzbänder im Bereich von 1885-2025 MHz und 2110-2200 MHz. Da die Frequenzbänder nicht ausschließlich für FPLMTS reserviert wurden, benutzen in den verschiedenen Kontinenten bzw. Ländern auch andere Systeme diese Bänder. So belegt beispielsweise in Europa das DECT-System den unteren Teil des zugewiesenen Frequenzbandes.²⁸ Das UMTS-Forum²⁹, eine Kooperation aller namhafter Mobilfunkkonzerne, –hersteller und Regierungsbehörden, hat versucht durch Schätzungen der Marktdurchdringung, der zukünftigen Nutzerdichte, der Dienstcharakteristika und der Charakteristik der Funkschnittstelle das erforderliche Frequenzspektrum zu ermitteln. Der Bedarf in den einzelnen Ländern kann aufgrund der heterogenen Bevölkerungsdichte und verschiedener wirtschaftlicher Entwicklungen unterschiedlich sein. Das UMTS-Forum sieht vor, ein so genanntes Core-Band zu nutzen. Es soll weltweit ganz oder teilweise für UMTS verfügbar sein. Für erdgestützte (terrestrische) Anwendungen stehen die Bereiche 1900-1980 MHz und 2010-2015 MHz sowie von 2110-2170 MHz zur Verfügung. Für satellitengestützte Anwendungen sind die Bänder 1980-2010 MHz und 2170-2200 MHz vorgesehen.³⁰

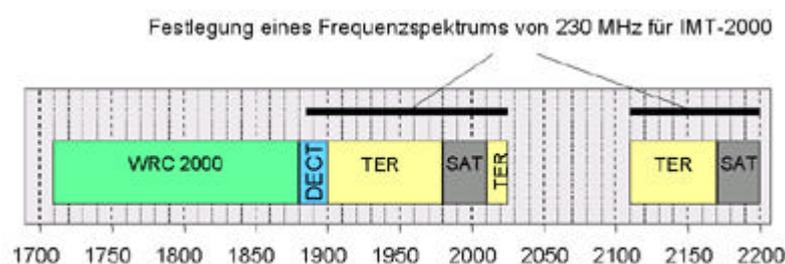


Abbildung 8: Frequenzspektrum

Quelle: Eigene Darstellung

²⁸ Vgl. Bernhard Walke, Mobilfunknetze und ihre Protokolle, Band 1, Stuttgart, Leipzig und Wiesbaden 2000, S. 373.

²⁹ Vgl. http://www.umts-forum.org/who_are_we.html.

³⁰ Vgl. Ernst J. Durwen, UMTS – Stand und Perspektiven für Europa, in: ITG Fachbericht, 1997, Heft 141, S. 157-168, hier S. 163.

Die WRC 2000 erweiterte das Frequenzspektrum um drei weitere Bereiche:³¹

- 806-960 MHz
- 1710-1885 MHz
- 2500-2690 MHz

Die Erweiterung des Frequenzspektrums beruht auf Prognosen des Datenverkehrs im Mobilfunkbereich.

2. Zugriffsverfahren

Das UTRA-Konzept muss unterschiedliche UMTS Dienstanforderungen bezüglich symmetrischer und asymmetrischer Dienste effektiv unterstützen. Deshalb kommen für die Realisierung der Verbindung von Endgerät zur Basisstation (Uplink) und von Basisstation zu Endgerät (Downlink) bei UTRA die Betriebsarten FDD (Frequency Division Duplex) und TDD (Time Division Duplex) zum Einsatz.³² FDD sieht für Up- und Downlink unterschiedliche Frequenzbänder vor. Eine Technik, die auch bei GSM Verwendung findet. TDD realisiert Aufwärts- und Abwärtsstrecke nicht durch verschiedene Frequenzbänder, sondern durch verschiedene Zeitschlitze auf derselben Frequenz. Bei UMTS erfolgt die Realisierung asymmetrischer Übertragungsraten durch die Zuweisung einer asymmetrischen Zahl von Zeitschlitzen für Uplink und Downlink. Der TDD-Modus kann so höhere Übertragungsraten realisieren als der FDD-Modus, erfordert allerdings auch eine genauere Synchronisation. Die Entscheidung für diese Vorgehensweise beruht nicht nur auf technischen, sondern auch auf ökonomischen Überlegungen, die Rücksicht auf die Entwicklung wirtschaftlich implementierbarer Endgeräte nehmen. Bei UTRA kommt eine Kombination der Vielfachzugriffsverfahren CDMA (Code Division Multiple Access), FDMA (Frequency Division Multiple Access) und TDMA (Time Division Multiple Access) zum Einsatz. FDMA teilt die zur Verfügung stehenden Frequenzen in mehrere Bereiche oder Kanäle auf. Jedem Teilnehmer steht für die Dauer der Übertragung ein eigener Kanal zur Verfügung. Bei TDMA findet eine zeitliche Einteilung der zur Verfügung stehenden Bandbreite in Zeitschlitze statt. Die kleinsten

³¹ Vgl. ITU (Hrsg.), Spectrum for the terrestrial component of IMT-2000, http://www.itu.int/newsarchive/wrc2000/releases/imt2000_res-bands.html.

³² Vgl. Stephane Breyer u.a., A Global View of the UMTS Concept, in: Alcatel Telecommunications Review, 1999, Heft 3, S. 219-227, hier S. 222.

Zeiteinheiten werden als Slots bezeichnet und wiederum zu Frames zusammengefasst.³³ CDMA beruht auf einer Verschlüsselungstechnik, die die Funkkanäle weder durch Frequenzbereiche noch durch Zeitschlitz trennt. Jeder Teilnehmer sendet auf der gleichen Frequenz bzw. im gleichen Frequenzband. Das ursprüngliche Signal wird mit dem so genannten Spreizcode, einem hochbitratigen Digitalsignal, multipliziert und so über einen breiten Frequenzbereich gespreizt. Zur Entschlüsselung der gesendeten Signale muss der Empfänger mit demselben Code im Takt arbeiten.³⁴ CDMA bietet einige Vorteile gegenüber FDMA und TDMA Systemen. Der Verbindungsaufbau gestaltet sich einfacher, weil die Suche nach einem freien Zeitschlitz bzw. einer freien Frequenz entfällt. Die Aufstellung von Frequenzplänen ist nicht erforderlich, weil dieselben Frequenzen auch in benachbarten Zellen verwendet werden können.³⁵ Weitere Vorteile liegen in der geringeren Störempfindlichkeit, der automatischen Verschlüsselung des Signals etc. Dem gegenüber steht der Umstand, dass es sich bei CDMA um eine neue, sehr teure und wenig erprobte Technik handelt.

Im FDD-Modus wird der Vielfachzugriff durch eine Kombination aus CDMA und FDMA realisiert. Die Trennung der Signale einzelner Teilnehmer erfolgt über verschiedene Spreizcodes oder durch unterschiedliche Übertragungsfrequenzen. Der TDD-Modus verwendet für den Vielfachzugriff eine Kombination aus CDMA und TDMA. In den Zeitschlitz des TDMA-Rahmens können bis zu 16 Spreizcodes untergebracht werden.³⁶ Die voneinander unabhängige Zuweisung der einzelnen Zeitschlitz entweder zu der Aufwärts- oder zu der Abwärtsstrecke begünstigt eine optimale Aufteilung der Funkbetriebsmittel bei stark unsymmetrischem Verkehr.

Mikro- und Pikoellen unterstützen den TDD-Modus mit einer maximalen Datenrate von 2 MBit/s. Die unterschiedlichen Signallaufzeiten des Zeitduplexverfahrens machen seine Anwendung in größeren Zellen unmöglich. In Mikro- und Makroellen erfolgt der UMTS-Zugang mit dem Frequenzduplexverfahren (FDD) und bietet eine Datenrate von

³³ Vgl. Paul Walter Baier, Peter Jung und Anja Klein, Taking the Challenge of Multiple Access for Third-Generation Cellular Mobile Radio Systems – A European View, in: IEEE Communications Magazine, 1996, Heft 2, S. 82-89, hier S. 83 f.

³⁴ Vgl. Richard Sietmann, Ringen um die UMTS-Schnittstelle, in: Funkschau, 1998, Heft 6, S. 76-81, hier S. 76.

³⁵ Beispielsweise arbeitet WCDMA mit einem Reuse-Faktor = 1, TD-CDMA mit einem Reuse-Faktor von 3 und GSM mit einem Reuse-Faktor von 9.

³⁶ Vgl. Werner Mohr, Internationale Standardisierungsaktivitäten zur Definition der dritten Mobilfunkgeneration, in: Frequenz, 2000, Heft 3-4, S. 97-105, hier S. 102.

bis zu 384 kBit/s. Die Zuteilung von ein oder mehreren Zeitslots, die Variation des Spreizgrades und die Vergabe mehrere Codesequenzen für einen Benutzer ermöglichen variable Datenraten. Dazu muss allerdings der Empfänger auch in der Lage sein, auf mehrere Sequenzen hin zu decodieren. Die Kombination dieser Verfahren ermöglicht die Vergabe variabler Bandbreite und damit die bessere Ausnutzung des Übertragungsmediums.

Die Festlegung auf diese Verfahrensweise beruht nicht nur auf technischen Ursachen. Die für die Standardisierung zuständige Behörde ETSI musste zwischen zwei konkurrierenden Systemen entscheiden. Eine Allianz aus Alcatel, Bosch, Itatel, Motorola, Nortel, Siemens und Sony propagierte das TD-CDMA-System, eine Hybridtechnik, die die Vorteile von TDMA und CDMA verbindet, während Ericsson und Nokia das WCDMA-System, eine breitbandige Weiterentwicklung von CDMA, favorisierten. Die Vorteile von TD-CDMA liegen im Zusammenwirken mit bestehenden GSM-Systemen. Sowohl die Nutzung bestehender Infrastrukturen als auch eine einfache Realisierung der Endgeräte sind möglich. Durch die schrittweise Erweiterung der GSM-Infrastruktur wie GPRS oder HCS-D kann der Aufbau des UMTS-Netzes mit TD-CDMA stufenweise in Funktionsmodulen erfolgen.³⁷ In der Nutzung der bestehenden Infrastruktur und der Kompatibilität mit GSM liegen die Nachteile von WCDMA. WCDMA benutzt für den Zugriff auf die Luftschnittstelle ein völlig anderes Verfahren als GSM. Wegen der Koexistenz zweier völlig unabhängiger Systeme würden die Abmessungen des Endgeräts wesentlich größer ausfallen, weil WCDMA-, GSM- und DECT-Sende- und Empfangsteil zu integrieren sind. Weitere Nachteile liegen im Soft Handover und der Fast Power Control. Beim Wechsel eines Teilnehmers in eine benachbarte Funkzelle erfordert WCDMA ein so genanntes „Soft Handover“, bei dem für die Dauer des Wechsels die Funkverbindung über beide benachbarten Basisstationen gleichzeitig abgewickelt werden muss, was die Verbindungsleitungen zu den Basisstationen zusätzlich belastet. Weiterhin reagiert das System äußerst sensibel auf Schwankungen des Signalpegels, weshalb beim Neueintritt eines Teilnehmers in eine Funkzelle eine sofortige Anpassung der Sendeleistung aller Mobilstationen zu erfolgen hat (Fast Power Control).³⁸ Dem stehen Vorteile beim gleichzeitigen Aufbau von Verbindungen, Wegfall von Frequenz-

³⁷ Vgl. Richard Sietmann, Ringen um die UMTS-Schnittstelle, in: Funkschau, 1998, Heft 6, S. 76-81, hier S. 76 f.

³⁸ Vgl. Richard Sietmann, Ringen um die UMTS-Schnittstelle, in: Funkschau, 1998, Heft 6, S. 76-81, hier S. 80 f.

plänen etc. gegenüber.³⁹ Der ETSI-Entscheidung liegt ein Kompromiss zugrunde, der für den Fernbereich die WCDMA-Technologie und für den Nahbereich die TD-CDMA-Technologie vorsieht.⁴⁰ Diese Festlegung sowie die Unterteilung des UMTS-Netzes in Kern- und Funknetz legen die Grundlagen für eine schrittweise Einführung von UMTS. Die UMTS-Architektur kann bestehende Infrastrukturen nutzen und, falls kein UMTS-Funknetz zur Verfügung steht, auf das GSM-Funknetz zurückgreifen.

3. Handover

Das Handover bei zellularen und satellitengestützten Mobilfunknetzen realisiert ein automatisches unterbrechungsfreies Weiterreichen bestehender Verbindungen von einer Sendestation zur nächsten. Aufgrund der hierarchischen Zellstruktur muss UMTS zwei verschiedene Formen des Handovers verwirklichen.

Wenn sich das Endgerät in eine benachbarte Zelle bewegt, eine Verschlechterung der Qualität (hohe Bitfehlerrate) bei Uplink oder Downlink auftritt, die Signalstärke sinkt oder die aktuelle Zelle überlastet und eine benachbarte überlappende Zelle gleichen Typs weniger ausgelastet ist, findet eine Übergabe des Endgerätes zwischen zwei gleichartigen, nebeneinanderliegenden Zellen statt. Dabei handelt es sich um das **horizontale Handover**, das auch bei den Systemen der zweiten Generation Verwendung findet.

Bei der zweiten Form, dem **vertikalen Handover**, wird das Endgerät zwischen zwei Zellen unterschiedlicher Hierarchieebnen, z.B. zwischen einer Pico-Zelle und einer Makro-Zelle, übergeben. Folgende Ursachen können ein horizontales Handover auslösen:

- Die Bewegung eines Benutzers aus dem Bereich einer Zelle heraus, ohne dass eine benachbarte Zelle gleichen Typs vorhanden ist, macht ein Handover in eine übergeordnete Zelle erforderlich.
- Die Anforderung von Diensten, die die gerade aktuelle Zelle nicht erfüllen kann, erfordert ein Handover in eine Zelle einer niedrigeren Hierarchieebene, die über die

³⁹ Vgl. Erik Dahlmann u.a., UMTS/IMT-2000 Based on Wideband CDMA, in: IEEE Communications Magazine, 1998, Heft 9, S. 70-80, hier S. 72.

⁴⁰ Vgl. Antun Samukic, UMTS Universal Mobile Telecommunications System: Development of Standards for the Third Generation, in: IEEE Transactions on Vehicular Technology, 1998, Heft 4, S. 1099-1104, hier S. 1102.

gewünschten Dienste verfügt.

- Überlastung einer Zelle

Aus technischer Sicht existieren ebenfalls verschiedene Handover-Typen:⁴¹

- FDD Soft Handover, bei dem die Basisstation, aber nicht die Frequenz gewechselt wird.
- FDD Inter-Frequency Handover, wobei sowohl ein Basisstations- als auch ein Frequenzwechsel erfolgt.
- FDD/TDD bzw. TDD/FDD Handover, die den Duplex-Mode, die Frequenz und evtl. die Basisstation wechseln.
- TDD/ TDD Handover, bei dem die Basisstation im TDD-Mode wechselt.
- GSM Handover, das von GSM nach UMTS und umgekehrt wechselt.

Nur das CDMA-Verfahren, das die Nutzung der gleichen Frequenz in benachbarten Zellen erlaubt, ermöglicht ein Soft-Handover.⁴²

Schlussbemerkung

Die Ausführungen zeigen die Schwierigkeiten, die mit der Entwicklung eines weltweiten Mobilfunkstandards einhergehen. Neben grundlegenden technologischen Problemstellungen müssen die Standardisierungsaktivitäten konkurrierende Ansätze und die Konkurrenz durch die Weiterentwicklungen der Mobilfunksysteme der zweiten Generation berücksichtigen. Es besteht die Gefahr, dass sich bei der Entwicklung der Systeme nicht die am besten geeigneten technologischen Lösungen durchsetzen, sondern politische Kompromisse. Ein „Killerapplikation“ für UMTS ist zur Zeit noch nicht in Sicht, was den wirtschaftlichen Erfolg in Frage stellt. Aktuelle Studien bezweifeln sogar, dass UMTS die versprochene Geschwindigkeit von 2 MBit/s erreichen kann.⁴³

⁴¹ Vgl. 3GPP (Hrsg.), UTRAN Functions, Examples on Signalling Procedures, 3G TR 25.931, Sophia Antipolis 2000, S. 38 ff.

⁴² Vgl. Theodore S. Rappaport, Wireless Communications, Upper Saddle River – New Jersey 1996, S 36.

⁴³ Vgl. o.V. , UMTS erreicht Highspeed nicht, in: Computerzeitung, Nr. 43, 26. Oktober 2000, S. 1.

Literaturverzeichnis

- 3GPP (Hrsg.), Architecture for an All IP network, TR 23.922, Sophia Antipolis 2000
- 3GPP (Hrsg.), Network Architecture (Release 1999), TR 23.002, Sophia Antipolis 2000
- 3GPP (Hrsg.), QoS Concept and Architecture, TS 23.107, Sophia Antipolis 2000
- 3GPP (Hrsg.), UTRAN Functions, Examples on Signalling Procedures, 3G TR 25.931, Sophia Antipolis 2000
- Baier, Paul Walter, Peter Jung und Anja Klein, Taking the Challenge of Multiple Access for Third-Generation Cellular Mobile Radio Systems – A European View, in: IEEE Communications Magazine, 1996, Heft 2, S. 82-89
- Breyer, Stephane u.a., A Global View of the UMTS Concept, in: Alcatel Telecommunications Review, 1999, Heft 3, S. 219-227
- Dahlmann, Erik u.a., UMTS/IMT-2000 Based on Wideband CDMA, in: IEEE Communications Magazine, 1998, Heft 9, S. 70-80
- Durwen, Ernst J., UMTS – Stand und Perspektiven für Europa, in: ITG Fachbericht, 1997, Heft 141, S. 157-168
- ETSI (Hrsg.), UMTS Terrestrial Radio Access System (UTRA), TR 101.111, Sophia Antipolis 1997
- ETSI (Hrsg.), Universal Mobile Telecommunications System (UMTS) - General UMTS Architecture, TS 123.101, Sophia Antipolis 2000
- Hascher, Wolfgang, Multimedia im Handy, in: Elektronik, 1999, Heft 15, Seite 83-87
- Huber, Josef F., Dirk Weiler und Hermann Brand, UMTS – the Mobile Multimedia Vision for IMT-2000: A Focus on Standardization, in: IEEE Communications Magazine, 2000, Heft September, S. 129-136
- ITU (Hrsg.), Spectrum for the terrestrial component of IMT-2000, http://www.itu.int/newsarchive/wrc2000/releases/imt2000_res-bands.html
- Johnston, William, Europe's future mobile telephony system, in: IEEE Spectrum, 1998, Heft 1, S. 49-53
- Krieger, Matthias, UMTS Release 2000: "All IP based CoreNetwork", http://www.monitor.co.at/index.htm?ausgaben/2000_09/umts.html~main.
- Mohr, Werner, Internationale Standardisierungsaktivitäten zur Definition der dritten Mobilfunkgeneration, in: Frequenz, 2000, Heft 3-4, S. 97-105
- o.V. , UMTS erreicht Highspeed nicht, in: Computerzeitung, Nr. 43, 26. Oktober 2000,

S. 1.

- Priscoli, Franseco Delli, UMTS Architecture for Integrating Terrestrial and Satellite Systems, in: IEEE Multimedia, 1999, Heft 4, S. 38-45
- Rappaport, Theodore S., Wireless Communications, Upper Saddle River – New Jersey 1996
- Samukic, Antun, UMTS Universal Mobile Telecommunications System: Development of Standards for the Third Generation, in: IEEE Transactions on Vehicular Technology, 1998, Heft 4, S. 1099-1104
- Schieder, Andreas, Entwicklung von GSM zu UMTS, in: ITG Fachbericht, 1998, Heft 151, S. 33-38
- Siegmund, Gerd, Technik der Netze, 4. Aufl., Heidelberg 1999, S. 657.
- Sietmann, Richard, Ringen um die UMTS-Schnittstelle, in: Funkschau, 1998, Heft 6, S. 76-81
- Walke, Bernhard, Mobilfunknetze und ihre Protokolle, Band 1, Stuttgart, Leipzig und Wiesbaden 2000