

Fachhochschule Wedel

Seminararbeit

in der Fachrichtung

Wirtschaftsinformatik

Thema:

UMTS

Universal Mobile Telecommunications System

aus der Seminarreihe

Mobile Computing

Tobias Dwenger
wi4627

Hamburg, 14.11.2004

Inhaltsverzeichnis

<u>Inhaltsverzeichnis</u>	2
<u>Abbildungsverzeichnis</u>	2
<u>Abkürzungsverzeichnis</u>	3
<u>1. Einleitung</u>	4
<u>1.1. IMT-2000</u>	4
<u>1.2. UMTS – Versionen</u>	6
<u>2. Referenzarchitektur</u>	9
<u>3. Funkschnittstelle UTRA</u>	12
<u>3.1. Frequenzen</u>	12
<u>3.2. WCDMA – Wideband Code Division Multiple Access</u>	13
<u>3.3 Vorteile</u>	17
<u>3.4 UTRA-FDD Eckdaten</u>	18
<u>Quellenverzeichnis</u>	19

Abbildungsverzeichnis

<u>Abbildung 1 IMT-2000-Frequenzen</u>	5
<u>Abbildung 2 IMT-2000 Funkzugangstechniken</u>	6
<u>Abbildung 3 Hauptkomponenten der UMTS-Referenzarchitektur</u>	9
<u>Abbildung 4 UMTS-Kernnetz</u>	9
<u>Abbildung 5 UMTS-Frequenzen</u>	12
<u>Abbildung 6 Spreizung eines Teilnehmersignals</u>	13
<u>Abbildung 7 OVSF-Codebäume für eine orthogonale Spreizung</u>	14
<u>Abbildung 8 Zusammenhang von Spreizfaktor und Datenraten</u>	15
<u>Abbildung 9 Codeauswahl</u>	15
<u>Abbildung 10 Spreizung und Verwürfelung von Nutzdaten</u>	16
<u>Abbildung 11 Asynchroner Empfang zweier Signale</u>	17

Abkürzungsverzeichnis

2G	zweite Generation
3G	dritte Generation
3GPP	Third Generation Partnership Project
CDMA	Code Division Multiple Access
CN	Core Network – Kernnetz
CS	Circuit Switched – leitungsvermittelt
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
FDD	Frequency Division Duplex
GPRS	General Packet Radio Service
GSM	Global System for Mobile Communications
IMT-2000	International Mobile Telecommunications 2000
ITU	International Telecommunication Union
MBit/s	Megabit pro Sekunde
MChip/s	Megachips pro Sekunde
MSS	Mobile Satellite Services
MHz	Megahertz
PS	Packet Switched – paketvermittelt
R4	Release 4 des 3GPP UMTS Standards
R5	Release 5 des 3GPP UMTS Standards
R99	Release 1999 des 3GPP UMTS Standards
RNC	Radio Network Controller
RNS	Radion Network Subsystem
SIM	Subscriber Identity Module
SS7	Signalling System No.7 – GSM Signalisierungprotokoll
TDD	Time Division Duplex
UE	User Equipment
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
UTRA	Universal Terrestrial Radio Access – Funk- bzw. Luftschnittstelle
UTRAN	Universal Terrestrial Radio Access Network
WCDMA	Wideband Code Division Multiple Access

1. Einleitung

1.1. IMT-2000

Anfang der 90er Jahre rief die International Telecommunications Union (ITU)¹ dazu auf, Vorschläge für einen Mobilfunkstandard der dritten Generation (3G) einzureichen. Ziel dieses International-Mobile-Telecommunications-2000-Programmes (IMT-2000) war es, einen weltweit einheitlichen Mobilfunkstandard zu erarbeiten, was – wie sich später herausstellen sollte – aber durch die Verschiedenheiten der schon bestehenden Mobilfunksysteme und den daraus entstandenen Wünschen für neue System als schwer durchführbar entpuppte. Die Zahl 2000 in IMT-2000 spielt sowohl auf den gewünschten Startzeitpunkt ab dem Jahr 2000 als auch auf den 1992 auf der World Radio Conference verabschiedeten Frequenzbereich um die 2000 MHz an. Es wurden Frequenzen für die terrestrische Funkschnittstelle vergeben, aber auch Frequenzbänder für eine satellitengestützten Mobilfunkschnittstelle (MSS – Mobile Satellite System), die auch vom IMT-2000-Standard unterstützt werden soll. Mit diesen Frequenzbereichen ergaben sich auch schon die ersten Probleme bei der Umsetzung eines Standards, der weltweit einheitlich werden sollte.

So werden in Europa Teile dieses Frequenzbandes schon für den DECT-Standard genutzt, der bei schnurlosen Festnetztelefonen zum Einsatz kommt. Auch in Japan belegt der dortige Standard für schnurlose Festnetztelefone PHS einen Teil der vorgegebenen Frequenzen. In den USA wird sogar das ganze zugewiesene Frequenzband bereits vom 2G-Standard PCS genutzt. Zu diesen Einschränkungen aufgrund anderer, bestehender Technologien kommen noch verschiedene Wünsche und Bedürfnisse, die von den jeweiligen Organisationen in unterschiedlichen Regionen der Welt gefördert werden.

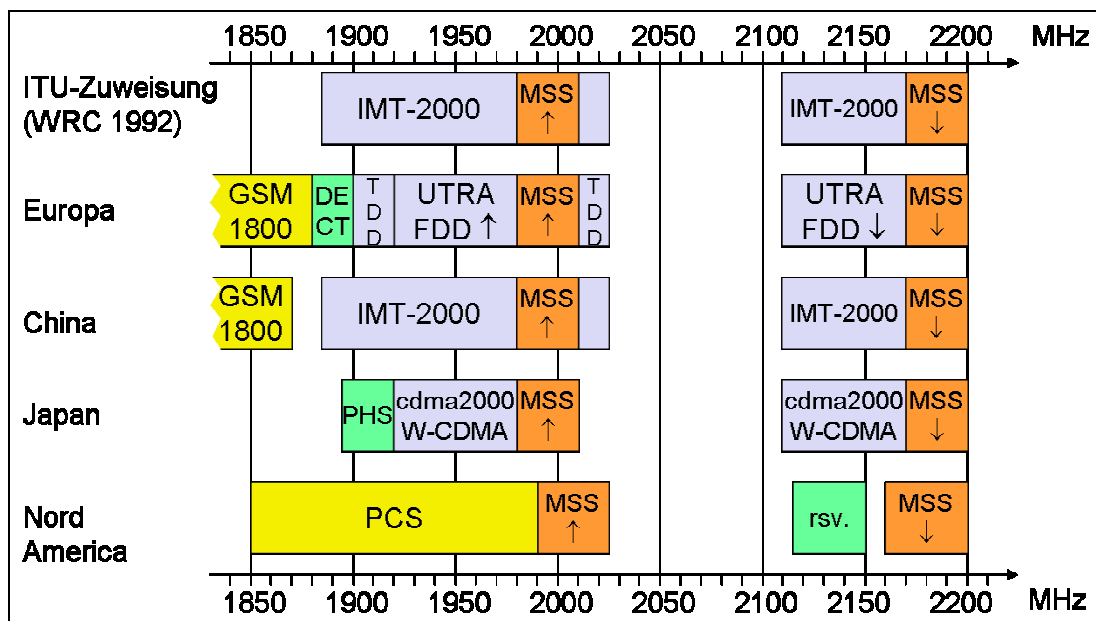


Abbildung 1 IMT-2000-Frequenzen²

Das in Europa für die Entwicklung eines neuen 3G-Standards zuständige European Telecommunication Standards Institute (ETSI)³ hatte einen Bedarf für die Verbindung der beiden boomenden Technologien der damaligen Zeit – Internet und Mobilfunk – ausgemacht. Daraus ergaben sich als Anforderungen die paketorientierte Datenübertragung sowie die Möglichkeit, bestimmte Dienstgüten (Quality of Service) zu garantieren. Ein weiteres Anliegen, welches vor allem von Standardisierungsgremien aus dem dicht besiedelten Japan vorangetrieben wurde, war es den bestehenden, endlichen Frequenzbereich für Sprachverbindungen besser zu nutzen als dies bisher bei GSM der Fall war.

Der für Europa durch die ETSI eingebrachte Standard ist UMTS mit den 1998 ausgewählten Funkschnittstellen UTRA-FDD und UTRA-TDD, die im Folgenden noch detaillierter erklärt werden. Da der Wunsch der ITU nach

¹ International Telecommunications Union - <http://www.itu.org>

² Schiller, Jochen: Mobilkommunikation, S. 126

³ European Telecommunication Standards Institute – <http://www.etsi.org>

einem international einheitlichen Standard nicht umzusetzen war, wurden insgesamt fünf Funkzugangstechniken für IMT-2000 standardisiert.

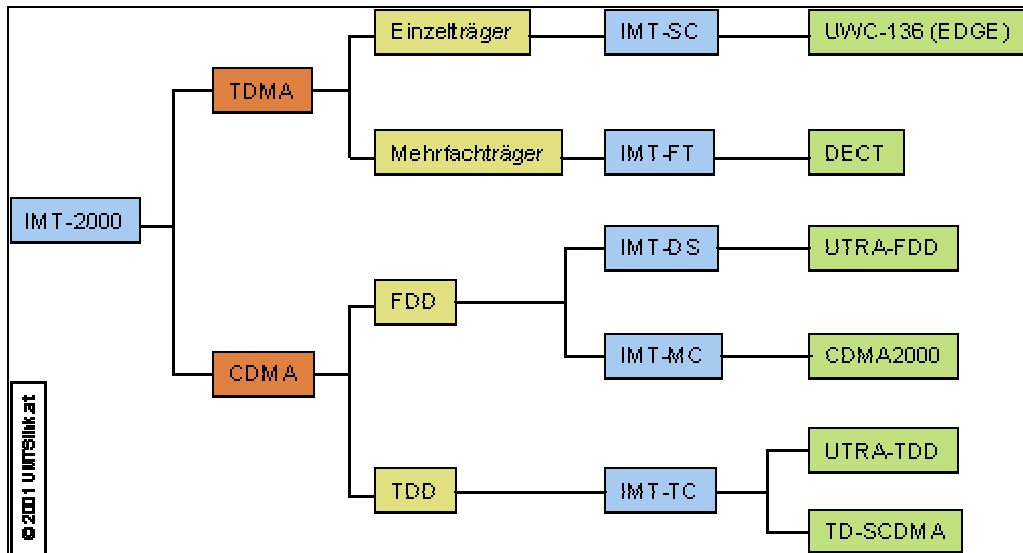


Abbildung 2 IMT-2000 Funkzugangstechniken

Die UMTS-Funkschnittstellen UTRA-FDD und UTRA-TDD wurden von der ITU als IMT-DS (direct spread) bzw. IMT-TC (time code) standardisiert und werden heute wie auch IMT-SC (single carrier) vom 3rd Generation Partnership Project⁴ weiterentwickelt. 3GPP wird in erster Linie von europäischen und japanischen Standardisierungsorganisationen und Firmen dominiert.

1.2. UMTS – Versionen

Die erste Version von UMTS wurde von 3GPP Ende 1999 fertig gestellt und bekam daher den Namen Release 99. Release 99 spezifiziert UMTS für die Einführungsphase in ein bestehendes GSM/GPRS⁵-Netz. In dieser Einführungszeit werden UMTS und GSM parallel betrieben und müssen zusammen funktionieren. Ein paralleler Betrieb ist am Anfang notwendig, da zu diesem Zeitpunkt weder die neu benötigten Funkmasten flächendeckend

⁴ 3rd Generation Partnership Project (3GPP) – <http://www.3gpp.org>

⁵ GSM wurde im dritten Teil dieser Seminarreihe behandelt

aufgestellt noch alle Endgeräte (Handys) einfach von heute auf morgen ausgetauscht werden können. Außerdem ist es nötig, dass neue UMTS-Handys zur GSM-Technik abwärtskompatibel sind, um auch in noch nicht ausgebauten Gebieten weiterhin die von GSM angebotenen Dienste nutzen zu können. Im Einzelnen beschreibt der Release 99 die neuen Funkschnittstellen UTRA-FDD und UTRA-TDD sowie die Verwendung des bestehenden GSM/GPRS-Netz als Kernnetz in über 440 Spezifikationen. Konkret wird also das bestehende 2G-Netz in diesem ersten Schritt nur um die neue UMTS-Funkzugangstechnik erweitert.

Anfangs hatte 3GPP die Absicht, jährlich eine neue Version zu veröffentlichen. Da Release 00 aber aufgrund der Vielzahl an Änderungen nicht rechtzeitig fertig gestellt werden konnte, teilte man diese Version und änderte die Bezeichnungen in Release 4 und Release 5. Release 99 ist im Nachhinein in Release 3 umbenannt worden.

Release 4 wurde im März 2001 abgeschlossen und führt als ein Element eine Dienstgüteunterstützung (Quality of Services) in den Festnetzteil ein. Mit dem Release 5 wird das GSM/GPRS-Kernnetz durch ein reines IP-Netz ersetzt. Leitungsvermittelte Dienste, die auf dem Protokoll SS7 (siehe FN4) basieren, werden durch paketorientierte Übertragung realisiert, womit eine traditionelle Telefontechnik ad acta gelegt wird. Weitere Versionen sind geplant.

Bei UMTS, wie es derzeit in Deutschland und anderen Ländern eingeführt wird, handelt es sich um den Release 99, mit dem die Netzbetreiber nun erst einmal ihre bei der Ersteigerung der UMTS-Frequenzbänder entstandenen Unkosten decken müssen. Daher ist eine Umsetzung der fortführenden Versionen derzeit noch nicht abzusehen.

Im weiteren Verlauf dieser Arbeit soll der Release 99 und dabei vor allem der größte Unterschied⁶ zwischen UMTS und GSM – die neue Funkschnittstelle – dem Leser näher gebracht werden. Von den beiden Funkzugangstechniken UTRA-FDD und UTRA-TDD wird insbesondere auf UTRA-FDD und die verwendete WCDMA-Technik eingegangen, da UTRA-TDD nicht Bestandteil der ersten UMTS-Installationen sein wird⁷.

⁶ Schiller, Jochen: Mobilkommunikation, S.133

⁷ Schiller, Jochen: Mobilkommunikation, S.139

2. Referenzarchitektur

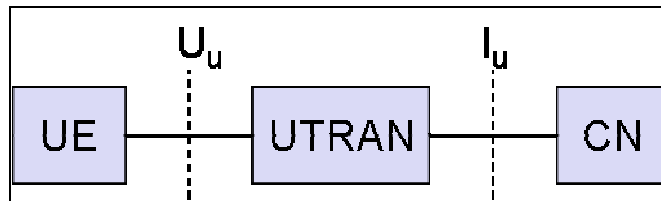


Abbildung 3 Hauptkomponenten der UMTS-Referenzarchitektur⁸

Dieses Kapitel soll die vorzustellende neue UMTS-Funkschnittstelle UTRA (Universal Terrestrial Radio Access) – in der Abbildung 3 ‚Uu‘ – in den Kontext der übrigen teilnehmenden Komponenten einordnen.

UE steht für User Equipment. Wie der Name schon sagt, handelt es sich hierbei um das Endgerät für den Verbraucher. Das kann ein Handy sein oder aber auch eine PCMCIA-Karte für das Notebook. Außerdem gehört wie auch schon bei GSM eine SIM-Karte dazu.

CN steht für Core Network. Das Kernnetz hält die Nutzerdaten bereit und bietet Schnittstelle in andere Festnetz und Mobilfunknetze oder gar in andere Netze wie das Internet.

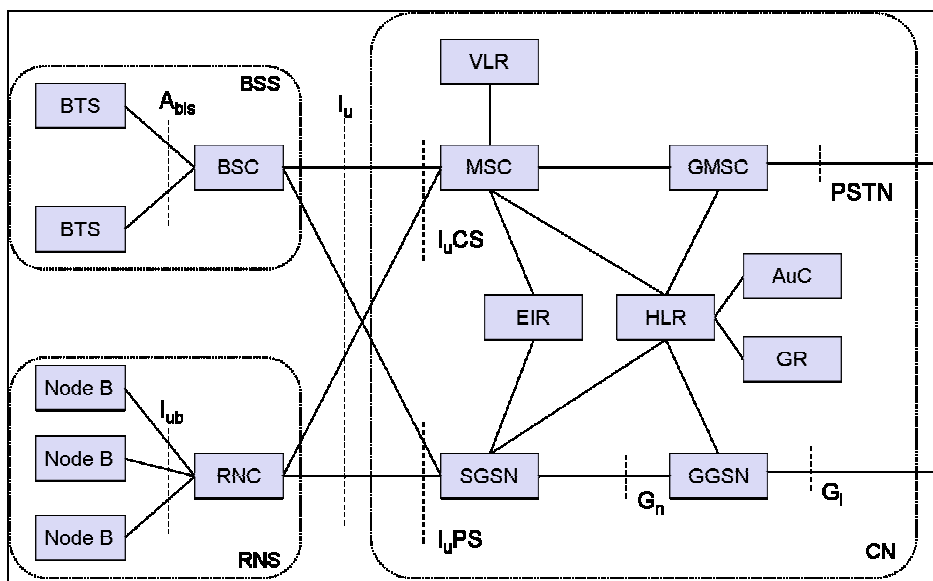


Abbildung 4 UMTS-Kernnetz

⁸ Schiller, Jochen: Mobilkommunikation, S. 132

Die in Abbildung 4 gezeigte Darstellung eines Kernnetzes entspricht der eines GSM-Netzes. Für die geforderte Koexistenz von GSM und UMTS ist es notwendig beide Funknetzwerke an das Kernnetz anzubinden. Neben dem schon bekannten GSM BSS wird hier auch exemplarisch ein Teil des UTRA-Netzes dargestellt. Die Infrastrukturschnittstelle (Iu) teilt die von der neuen UMTS-Funkschnittstelle gelieferten Daten in zwei Bereiche auf. Leitungsvermittelte Daten werden über die IuCS (CS – Circuit Switched)-Schnittstelle an den GSM Teil des Kernnetzes weitergeleitet. Paketvermittelte Daten werden von den GPRS Komponenten des Kernnetzes verarbeitet und über die IuPS (PS – Packet Switched)-Schnittstelle angebunden.

UTRAN steht für UTRA-Network. Das UMTS-Funknetzwerk verwaltet die Funkressourcen, realisiert Verbindungsübergaben bei einem Zellenwechsel und kümmert sich um die Kodierung der Funkkanäle. Diese Funktionen werden von verschiedenen Instanzen innerhalb des UTRAN erfüllt.

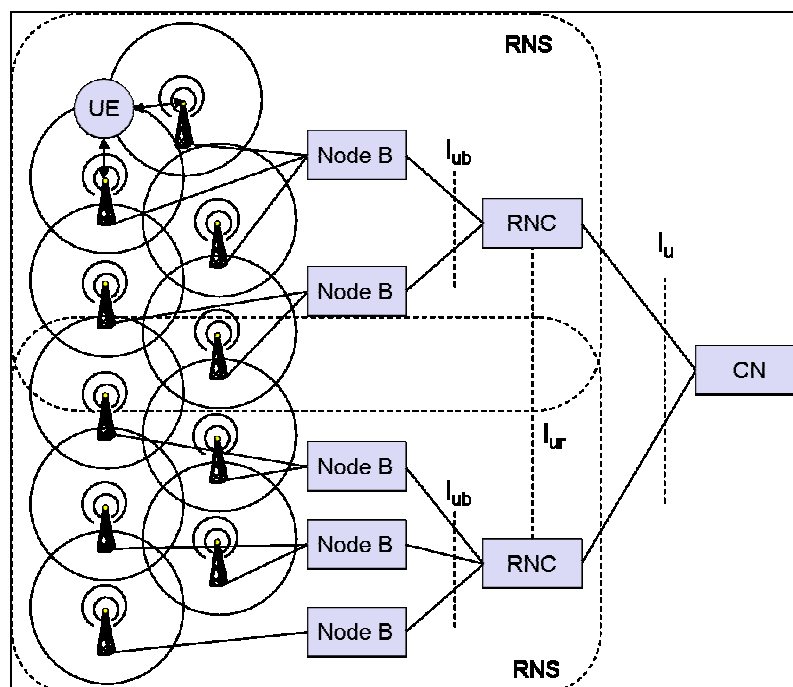


Abbildung 5 Grundarchitektur eines UTRA-Netzes⁹

Ein UTRA-Netzwerk setzen sich aus vielen einzelnen Funknetzsubsystemen (RNS – Radio Network Subsystem) zusammen, die von einem RNC (Radio Network Controller) gesteuert werden. RNCs übernehmen im UTRAN ein Gros der Aufgaben, wie z.B. die Codeauswahl, Zugangskontrolle oder die Steuerung der Verbindungsübergabe. Die Funkantennen werden bei UMTS von so genannten ‚Node B‘ gesteuert. Der Name ‚Node B‘ wurde während des Standardisierungsprozesses als Platzhalter eingeführt. Da Niemandem rechtzeitig eine bessere Bezeichnung eingefallen ist, wurde dieser Platzhalter beibehalten. Ein ‚Node B‘ kann meherer Antennen steuern, die jeweils eine Funkzelle erzeugen und direkt mit dem Endgerät (UE) kommunizieren.

⁹ Schiller, Jochen: Mobilkommunikation, S. 140

3. Funkschnittstelle UTRA

3.1. Frequenzen

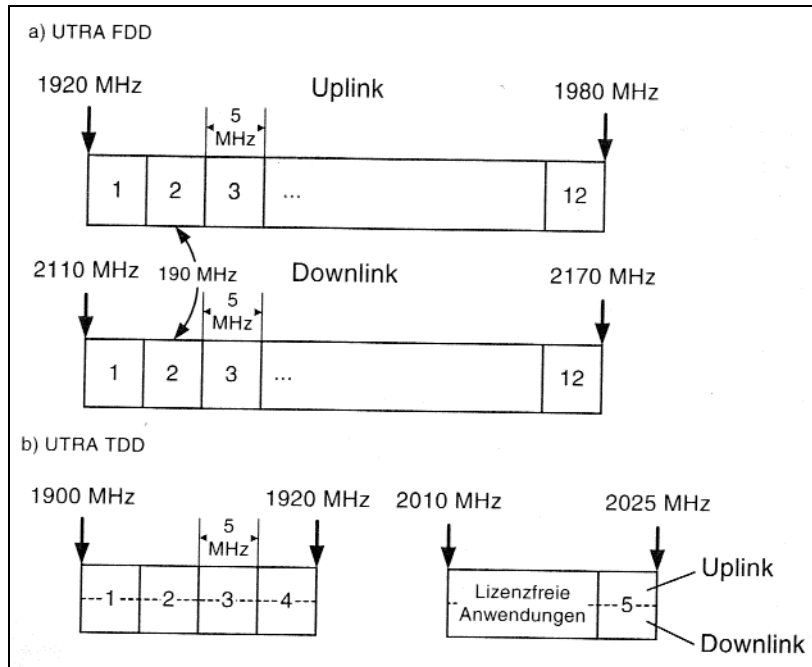


Abbildung 6 UMTS-Frequenzen¹⁰

Die in Europa für UMTS vorgesehenen Frequenzen wurden in jeweils 5 MHz breite Frequenzbänder unterteilt. FDD¹¹ (Frequency Division Duplex) benutzt zwei verschiedene Frequenzbänder zur Richtungstrennung. Das bedeutet, dass für UTRA-FDD jeweils 12 Kanäle im Uplink und 12 Kanäle im Downlink zur Verfügung stehen. Jeweils ein zusammengehöriger Up- und Downlinkkanal sind um 190MHz von einander entfernt. TDD (Time Division Duplex) nutzt für Up- und Downlink dieselben Frequenzbänder; hier sind es fünf Frequenzbänder für UTRA-TDD.

In Deutschland wurden die Frequenzbänder im August 2000 zu astronomischen Summen versteigert. Damals wurden durch Werbung noch unrealistische Eindrücke vermittelt, was die Höhe der zu erzielenden

¹⁰ Roth, Jörg: Mobile Computing, S.70

¹¹ Die Funktionsweise von FDD und TDD wurde bereits im zweiten Vortrag der Seminarreihe erläutert.

Datenraten angeht.¹² Es wurden jeweils zwei zusammengehörende FDD-Frequenzpaare zu ca 16 Milliarden DM pro Packet an sechs verschiedene Bieter versteigert. Für die fünf TDD-Frequenzbänder wurden nur jeweils ca. 120 Millionen DM geboten. Insgesamt wurden ungefähr 100 Milliarden DM eingenommen.

3.2. WCDMA – Wideband Code Division Multiple Access

WCDMA nutzt zur Übertragung ein Frequenzband von 3,84 MHz, das mittig in den gerade betrachteten fünf Megaherzbändern liegt.¹³ Dies verhindert Interferenzen mit Übertragungen in einem Nachbarband eines anderen Anbieters. Dafür muss jedes zu übertragende Signal auf eine Datenrate von 3,84 MBit/s gespreizt werden. Ein zu sendendes Nutzsignal mit einer geringeren Datenrate wird also mit einem so genannten Spreizfaktorcode multipliziert, um die gewünschte Datenrate zu erreichen. Nach der Spreizung einer bestimmten Bitrate spricht man nicht mehr von Bits sondern von Chips also von einer Chippingrate. WCDMA arbeitet also mit einer konstanten Chippingrate von 3,84 MChip/s.

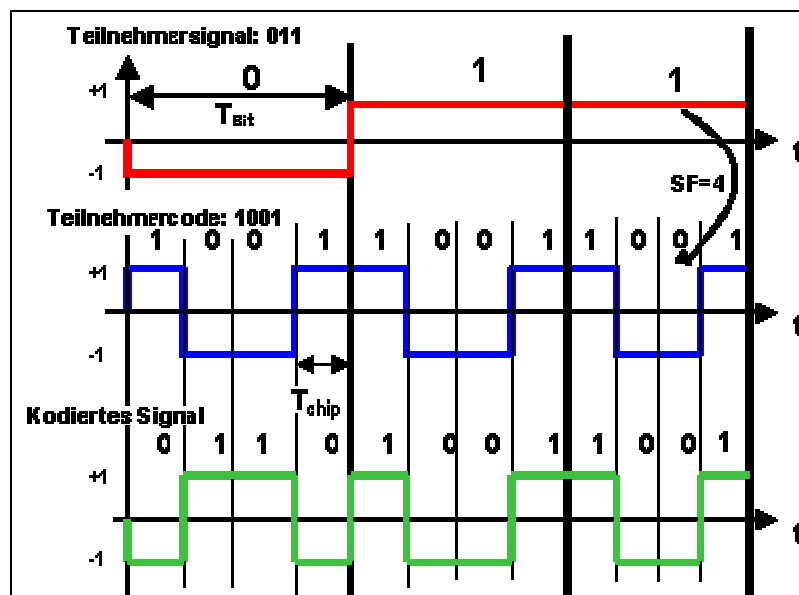


Abbildung 7 Spreizung eines Teilnehmersignals

¹² Schiller, Jochen: Mobilkommunikation, S. 136

¹³ Kaaranen, Heikki: UMTS Networks, S. 44

UMTS konstant ist, kann man anhand des verwendeten Spreizfaktors die Höhe der zur Verfügung stehenden Nutzdatenrate bestimmen.

Nutzrate		Spreizfaktor		Chirate
960 kb/s	*	4	=	3,84 Mchip/s
480 kb/s	*	8	=	3,84 Mchip/s
240 kb/s	*	16	=	3,84 Mchip/s
120 kb/s	*	32	=	3,84 Mchip/s
60 kb/s	*	64	=	3,84 Mchip/s
30 kb/s	*	128	=	3,84 Mchip/s
15 kb/s	*	256	=	3,84 Mchip/s
7,5 kb/s	*	512	=	3,84 Mchip/s

Abbildung 9 Zusammenhang von Spreizfaktor und Datenraten

Damit die ausgewählten Codes orthogonal zueinander sind, darf man keinen Code auswählen, der auf einem anderen basiert. Bei der Auswahl des Codes (1, 1, -1, -1) würden also alle Codes in Richtung Baumwurzel – (1,1) und (1) – nicht mehr zur Verfügung stehen. Ebenso wenig alle Codes im vom ausgewählten Code abgehenden Unterbaum, wie in Abbildung 7 dargestellt ist.

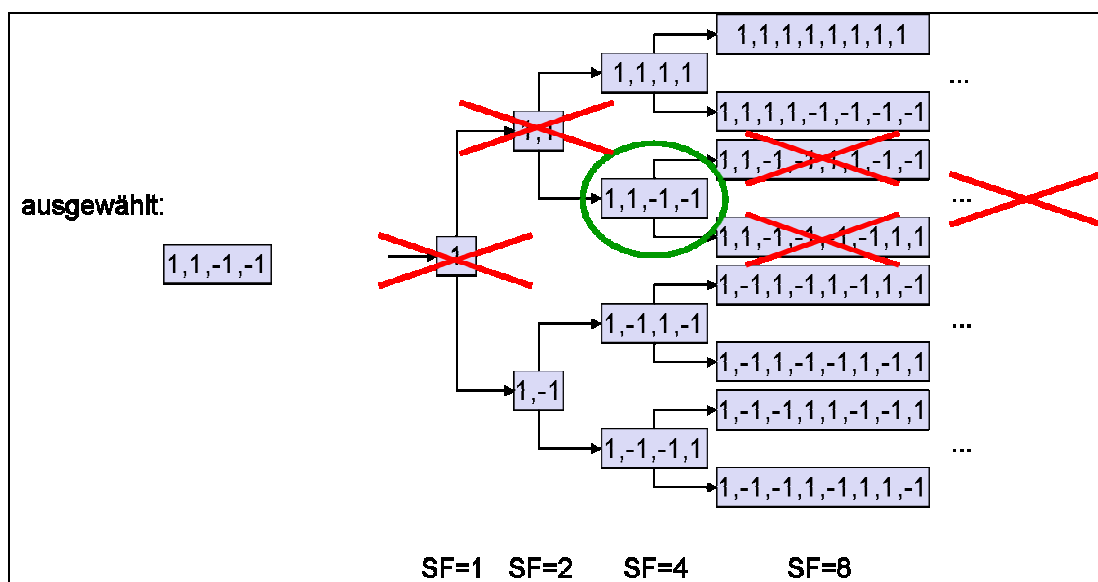


Abbildung 10 Codeauswahl¹⁷

¹⁷ In Anlehnung an Schiller, Jochen: Mobilkommunikation, S. 135

Wie man leicht erkennt, ist die Anzahl der nutzbaren Spreizcodes (und damit die Anzahl der gleichzeitig übertragbaren Datenströme) direkt abhängig von der Art der Spreizfaktoren, die man benötigt. Im Beispiel aus Abbildung 7 kann man also noch drei weitere Codes mit dem Spreizfaktor vier wählen, bevor die Kapazität des Codebaumes erschöpft ist. Denkbar ist es auch beispielsweise, einen weiteren Code mit SF4 zu wählen und vier Codes mit SF8. Man sieht also, je höher man die Spreizfaktoren wählt, umso mehr gleichzeitige Datenströme können kodiert werden. Eine Verdoppelung des Spreizfaktors bedeutet also eine Halbierung der Nutzdatenrate.

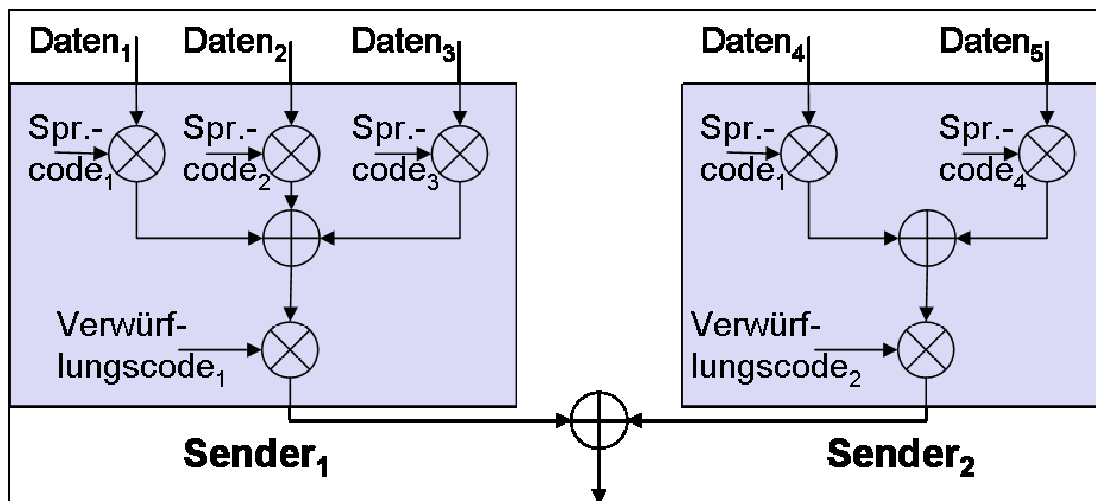


Abbildung 11 Spreizung und Verwüfelung von Nutzdaten¹⁸

Da jeder Sender diesen OVFS-Codebaum benutzt, sind die von den Sendern ausgestrahlten Signale nicht mehr orthogonal zueinander. Um die verschiedenen Sender voneinander trennen zu können, wird eine weitere Codeklasse eingeführt – die Verwüfelungscodes (oder: Scramblingcodes). Der Verwüfelungscod spreizt das Übertragungssignal nicht weiter, sondern wird lediglich damit xor-verknüpft. Im Uplink werden Verwüfelungscodes verwendet, um Nutzer voneinander trennen zu können. Im Downlink separieren sie Zellen. Anschaulich gesprochen bekommt jeder Funkmast und jedes Handy einen ‚Schlüssel‘ zugeordnet, mit Hilfe dessen der Empfänger ein Signal wieder aus dem Übertragungsmedium herausfiltern kann. Diese

¹⁸ Schiller, Jochen: Mobilkommunikation, S. 135

Codes werden so gewählt, dass sie ‚quasi-orthogonal‘ sind. Signale können durch die Auswahl quasi-orthogonaler Codes auch dann noch wie orthogonale Codes voneinander getrennt werden, wenn sie aufgrund von z.B. unterschiedlichen Entfernungen zum Empfänger und damit unterschiedlichen Laufzeiten nicht mehr Chip-synchron empfangen werden. Wie man in Abbildung 12 erkennt kann der asynchrone (um einen Chip verschobene) Empfang der orthogonalen Codes von Teilnehmer A (1, -1, -1, 1) und Teilnehmer B (1, 1, -1, -1) dazuführen, dass diese nicht mehr orthogonal zueinander sind. Quasi-orthogonale Codes haben eine konstante Länge von 38400 Chips und werden so ausgewählt, dass sie auch bei asynchronem Empfang noch orthogonal zueinander bleiben.

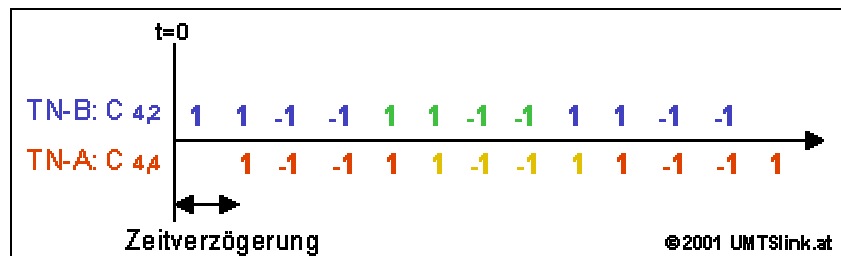


Abbildung 12 Asynchroner Empfang zweier Signale

3.3. Vorteile

Im Gegensatz zu GSM, das noch für jede Verbindung einen Frequenzbereich reserviert hat und damit für die Dauer der Verbindung Übertragungskapazitäten blockierte, egal ob gerade Daten übertragen wurden oder nicht, ist WCDMA viel flexibler. Hier kann die volle Datenrate der Zelle jederzeit ausgenutzt werden. Es besteht sogar die Möglichkeit zusätzliche Kapazitäten zu schaffen, indem man die Nutzdatenrate einzelner Teilnehmer senkt (Spreizfaktor 128 statt 64), z.B. durch Verwendung einer höheren Sprachkompression.

Die Bandspreizung, die ihren Ursprung in der Militärtechnik hat, macht das Signal durch die Vervielfältigung der zu übertragenden Informationen,

weniger anfällig für Interferenzen und sorgt daher auch dafür, dass die gleiche Information mit weniger Leistung übertragen werden kann.¹⁹

3.4. UTRA-FDD Eckdaten

UTRA-FDD, das dieses WCDMA Verfahren nutzt, wird am Anfang jedem Nutzer eine Bandbreite von ungefähr 150 kbit/s bieten können.

Größenordnungen von zwei MBit/s, wie sie zu Zeiten der Frequenzversteigerung noch propagiert wurden, sind eher als Summe aller Datenströme einer Zelle anzunehmen. Diese höheren Datenraten haben auch ihren Preis. Im Vergleich zu GSM werden mindestens doppelt so viele Basisstationen benötigt. Der typische Zellendurchmesser beträgt ungefähr 500m. Der Ausbau wird sich also in erster Linie auf Ballungsgebiete konzentrieren. Ein flächendeckender Einsatz ist in der Näheren Zukunft nicht zu erwarten²⁰.

¹⁹ Kaaranen, Heikki: UMTS Networks, S. 44 f.

²⁰ Vgl. Schiller, Jochen: Mobilkommunikation, S.136

Quellenverzeichnis

- Schiller, Jochen: Mobilkommunikation, Pearson 2003, ISBN 3-8273-7060-4
- Kaaranen, Heikki et al.: UMTS Networks, Wiley 2001, ISBN 0471 48654 X
- Roth, Jörg: Mobile Computing, dPunkt-Verlag 2002, ISBN 3-89864-165-1
- Huber, Alexander Joseph/Huber, Josef Franz: UMTS and mobile computing, Artech House Publications 2002 ISBN 1-58053-264-0
- UMTSLink.at – <http://www.umtslink.at>