

UMTS

KURZFASSUNG

50 Seiten

INHALT

1	Übersicht.....	3
2	Entwicklung	4
3	Netzarchitektur und Netzkomponenten.....	6
3.1	Netzarchitektur.....	6
3.2	Netzkomponenten.....	8
3.2.1	UMTS Terrestrial Radio Access Network (UTRAN).....	8
3.2.2	GSM Core Network (CN)	10
2.3.3	GPRS Core Network.....	12
2.3.4	Intelligent Network Function	14
2.3.5	Operation and Support System (OSS).....	14
4	UMTS - Funkschnittstelle	15
4.1	Frequenzbereiche	15
4.2	Codierung	17
4.3	Zelleneigenschaften.....	23
4.4	Kanalstrukturen.....	26
4.3.1	Logische Kanäle	27
4.3.2	Transportkanäle.....	27
4.3.3	Physikalische Kanäle.....	30
5	UMTS spezifische Abläufe.....	34
5.1	Zellensuche.....	34
5.2	Authentifizierung	34
5.2.1	Verschlüsselung und Datenintegrität	36
5.2.2	Authentication Token - AUTN	36
5.3	Verbindungsaufbau.....	38
5.3.1	Mobile Originated Call MOC	38
5.3.2	Mobile Terminated Call MTC	39
5.4	Handover	41
6	Dienstekonzept.....	43
6.1	Basisdienste für UMTS und IMT-2000	44
6.2	Zusatzdienste.....	46
6.3	Mehrwertdienste	46
7	Kontrollfragen	47
8	Bilder	48
9	Abkürzungen	49
10	Literatur	50

1 Übersicht

Mobilfunknetze und -verfahren haben eine lange Tradition. In Österreich gab es vor den 1992 und 1993 eingeführten digitalen Netzen analoge Netze wie das B-Netz, das C-Netz und das D-Netz.

Man rechnet die analogen Netze, welche in vielen Teilen der Welt weiterhin üblich sind, der ersten Generation mobiler Netze zu. Sprache wird bei dieser Technik vor ihrer Funkübertragung nicht in Bits gewandelt, nicht „digitalisiert“, sie wird wie von einer Schallplatte „analog“ übertragen. Daten oder Kurznachrichten werden mittels Modulation auf das analoge Träger-signal aufgebracht werden, was nicht nur umständlich sondern auch verlustbehaftet ist.

Die digitale Mobiltelefonie wird daher als zweite Generation bezeichnet. Der Teilnehmer erhält wie im ISDN-Festnetz einheitlich gute Sprachqualität und zahlreiche Datendienste, von Kurzmitteilungen (SMS, Short Message Service) bis zu Fax und Notebook-PC-Anbindungen. Für die Realisierung der Teilnehmerwünsche, wie Steuerung einer Rufumleitungen bis hin zum Roaming, dem automatischen Zugang in befreundete Netze im Ausland, wird wie im ISDN das digitale Signalisierungsverfahren ZGV7 eingesetzt.

Durch den steigenden Bedarf an schnellerer Datenübertragung als es in G2-Netzen möglich ist wurde in Europa als Übergang zu den 3G-Netzen GPRS eingeführt. GPRS überträgt die Daten in Paketform und ist anfangs bis zu 50 kbit/s schnell. Für Datenverkehr ist man „always on“, verrechnet wird jedoch nur die gesendete Datenmenge.

Bei UMTS wird das genauso sein, sogar für Sprache, die zunächst allerdings noch über jeweils vorreservierte Wege übertragen wird. Nach Ansicht der Telekommunikationsfirmen wird UMTS schon in wenigen Jahren aus dem gesellschaftlichen Leben nicht mehr wegzudenken sein, da es die Grundlagen für eine schnellere und effizientere mobile Datenübertragung liefert und dies zu Konditionen, die nicht nur für Unternehmen sondern auch für Privatkunden sehr verlockend sein sollen.

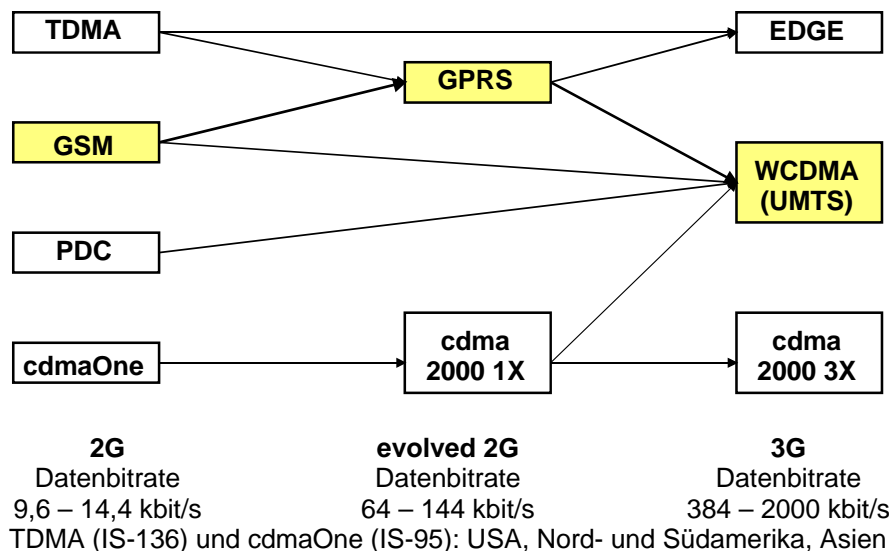


Bild 1 Migrationsmöglichkeiten von 2G zu 3G Mobilfunksystemen

Schlüsselwörter

Mobilfunkgeneration, zellulares Netz, selbst regulierende Zellengröße, Netzstruktur, Code Division Multiplex, Frequency Division Duplex, Time Division Duplex, Handover, Basisdienste, Zusatzdienste, Mehrwertdienste.

2 Entwicklung

Wie seit über hundert Jahren das Telefon nutzt auch der Mobilfunk ursprünglich die Leitungsvermittlung. Das heißt, dass jedem Gespräch oder jedem Datentransfer eine Leitung exklusiv zur Verfügung gestellt wird und dies solange als die Gesprächspartner oder die Geräte beim Datenverkehr miteinander verbunden sind. Die Ressource, ob Draht und/oder Frequenz, ist für die gesamte Verbindungsdauer blockiert. Die Kostenabrechnung erfolgt daher nach Zeit.

Ausnahmen von der Leitungsvermittlung sind Kurzmitteilungsdienst SMS und GPRS.

- Beim SMS-Dienst wird ein einzelnes Datenpaket mit seiner bis zu 160 Zeichen langen Nachricht Ressourcen schonend über den ohnehin vorhandenen GSM-Signalisierungskanal versandt. (Gelegentlich müssen dafür allerdings auch Sprachkanäle in zusätzliche Signalisierungskanäle umgewidmet werden.) Abgerechnet wird hier erstmals nach der Zahl der Nachrichten.
- Bei der GPRS -Technik werden die Vorteile der paketorientierten Datenübertragung und der Kanalbündelung genutzt. Durch die Bündelung mehrerer physikalischer Kanäle entsteht ein logischer Datenkanal der von mehreren GPRS-Teilnehmern im Zeitmultiplex genutzt werden kann. Da bei diesem Verfahren nur mehr die Datenpakete (= Datenmenge) verrechnet werden, können die Teilnehmer ständig mit dem Datennetz verbunden, also ständig „online“ sein.

Für den Netzbetreiber bedeutet GPRS einen entscheidenden Umbau des Mobilfunknetzes, muss er es doch intern für Daten nach dem Internet-Protokoll bereit machen. Sprache und Daten müssen im Netz getrennt geführt werden. Die Netzerweiterungen für GPRS in seinem GSM-Netz lassen sich jedoch größtenteils später beim kommenden universellen Mobilkommunikationssystem UMTS einsetzen. Die netzinterne Investition in GPRS ist also ein möglicher Schritt zu UMTS, bei welchem jedoch eine andere Funktechnik (Funkschnittstelle) benötigt wird.

Bei UMTS können sich Netzneuerungen und Funkverfahren getrennt weiterentwickeln und passen dann dennoch zusammen. Das ist wichtig, weil es einerseits bei den heutigen Funkverfahren wie GSM die es noch lange geben wird mehrere konkurrierende Standards gibt, und weil andererseits auf Grund dieser Basis eine wirklich weltweite Einigung auf ein einziges Funkmodulationsverfahren nicht zustande kommt.

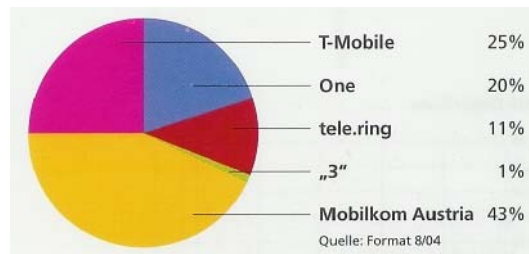
(1) Im Mai 1999 gab es drei Normen für Funkübertragungsverfahren unter IMT-2000:

- cdma2000-MC- oder Multi-Carrier-Standard, der von CDMA ausgeht und von den USA bevorzugt wird und
- Direct Sequence oder Direct Spread (DS) CDMA, auch WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access) genannt, mit den Varianten
 - Frequency Division Duplex (WCDMA-FDD) welches mit getrennten Frequenzbereichen für Up- und Downlink arbeitet und in Europa und Japan erwartet wird, und
 - Time Division Duplex (WCDMA-TDD) bei dem auf derselben Frequenz zeitlich hin- und hergeschaltet wird und das zunächst nur für Sonderfälle zu erwarten ist.

Diese drei neuen Normen von IMT-2000 können als Funkübertragungsverfahren der dritten Generation (3G) künftig an zwei unterschiedliche Netzinfrastrukturen (Core Networks) angeschlossen werden, an GSM-artige Netze und an Ansi-41er-Netze, wie sie besonders in Amerika vorkommen.

UMTS in Österreich

2004 teilen sich in Österreich fünf Betreiber den Handymarkt, wobei die „Mobilkom“ bei Vertragskunden mit einem Marktanteil von 43 Prozent klar voran liegt. „T-Mobile“ folgt mit 25 Prozent, dahinter rangiert „ONE“ mit 20 Prozent. Platz vier geht an „tele.ring“ mit 11 Prozent, 1 Prozent erreichte der Newcomer „3“.

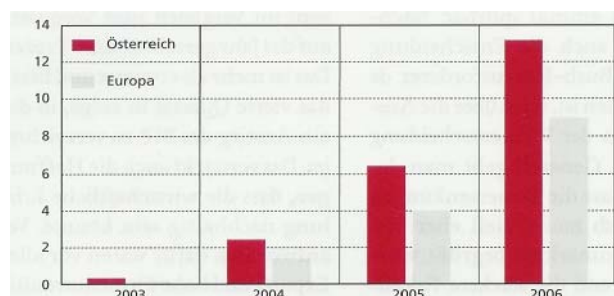


Quelle: Format Nr. 27 v. 02.07.2004

Bild 2 Marktanteil im Mobilfunk

Eine Analyse von Arthur D. Little (2003) bescheinigt den europäischen Mobilfunkmärkten bis 2006 ein Umsatzwachstum von über 6,6 Prozent jährlich. In Österreich liegt die Mobilfunkpenetration bei 89,7 Prozent¹, davon haben 54 Prozent der Mobilanschlüsse eine Vertragsbindung (mit Grundgebühr) zum Netzbetreiber, der Rest wird von Wertkarten abgedeckt), Durch die fallenden Preise im Mobil-Bereich - Österreich liegt mit den 1 Cent-Tarifen von tele.ring und One sowie dem 0,4 Cent-Paketpreis von „3“ europaweit an der Spitze - wird es für Kunden zunehmend attraktiver, Gespräche vom Fest- auf das Mobilnetz zu verlagern. Dies war mit ein Grund, warum der Mobilfunk zum Ende des ersten Quartals 2004 mit 900 Millionen Gesprächsminuten pro Monat das Festnetz überholte.

Entsprechend dieser Studie wird für 2006 in Österreich eine UMTS-Durchdringungsrate von rund 13 Prozent erwartet, während im europäische Durchschnitt sechs Prozent im Jahr 2005 und ca. neun Prozent im Jahr 2006 zu erwarten sind. Die Gründe für die rasche Entwicklung in Österreich liegen in den Rahmenbedingungen des Regulators wonach in Österreich sämtliche fünf Netzbetreiber im Jahr 2003 den UMTS-Betrieb aufnehmen mussten. Während T-Mobile, One und tele.ring dieser Bedingung im Dezember 2003 nachkamen, gingen Mobilkom Austria und „3“ bereits im April beziehungsweise Mai 2003 an den Start.



Quelle: Arthur D. Little

Bild 3 UMTS-Nutzer in Europa und Österreich

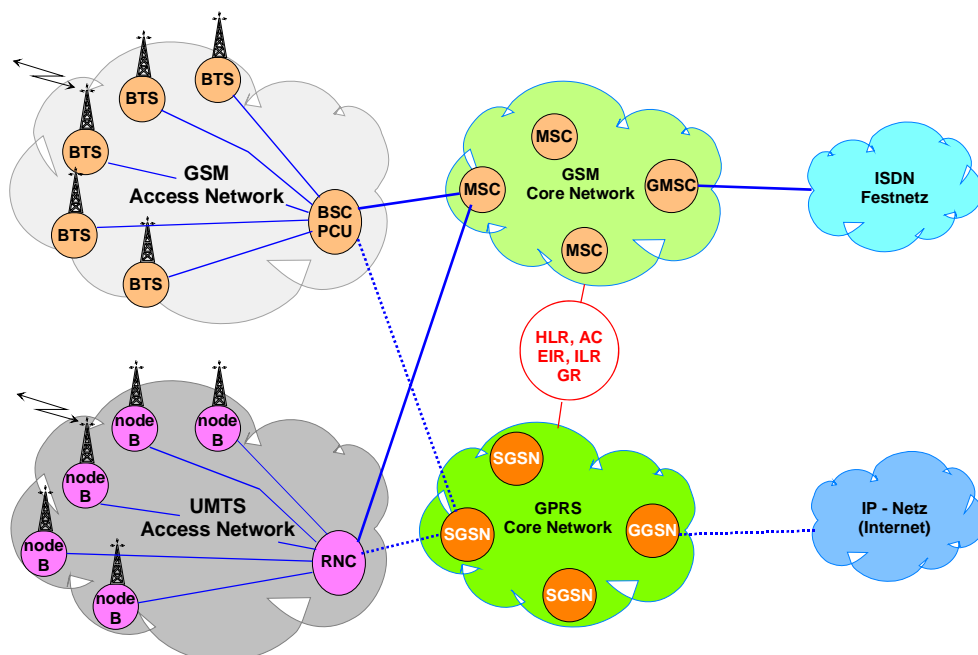
¹ in Italien: 98 Prozent

3 Netzarchitektur und Netzkomponenten

3.1 Netzarchitektur

(2) UMTS-Netze sind Mobilnetze der dritten Generation und bieten dem Mobilteilnehmer Datenübertragungsgeschwindigkeiten bis 2 Mbit/s und damit uneingeschränkte Nutzung des Internet. Wie bei ISDN und GSM wird die Einführung aus ökonomischen Gründen schrittweise erfolgen.

- Im ersten Schritt, dem „release 99“, wird lediglich ein UMTS Radio Access Network aufgebaut, welches zur Sprachübertragung das GSM Core Network verwendet und zur Paket-Datenübertragung das GPRS Core Network.
- Im zweiten Schritt wird UMTS in das Festnetz integriert sein. Das Festnetz wird ein B-ISDN sein welches virtuelle ATM-Verbindungen für den Transport der UMTS-Informationen benutzt. Das ATM-Netz, welches die erforderliche Übertragungsqualität (Quality of Service, QoS) verlässlich sichern kann, bildet das UMTS-Kernnetz (UMTS Core Network). UMTS sieht keine Übertragung von ATM-Zellen über die Luftschnittstelle vor, so dass keine virtuellen Ende-zu-Ende-Verbindungen möglich sein werden. Stattdessen wird die Luftschnittstelle dienstspezifisch ausgelegt sein und eine definierte Vielfalt von Diensten ähnlich den heutigen Mobilfunknetzen anbieten. Für jeden Dienst wird die Funkschnittstelle einen bestimmten Übertragungsmechanismus benutzen, um die Dienstgüte (Quality of Service, QoS) zu garantieren.



AC	Authentication Center	HLR	Home Location Register
BTS	Base Transceiver Station für GSM	ILR	Interworking Location Register
BSC	Base Station Controller	MSC	Mobile Switching Center
EIR	Equipment Identity Register	Node b	Base Transceiver Station für UMTS
GGSN	Gateway GPRS Support Node	RNC	Radio Network Controller
GMSC	Gateway Mobile Switching Center	SCP	Service Control Point
GR	GPRS Register (Teil des HLR)	SGSN	Serving GPRS Support Node

Bild 4 UMTS Netzarchitektur nach „Release 99“

(3) Im „Release 99“ besteht UMTS aus vier Systemkomponenten:

- Terrestrial Radio Access Network,
- GSM-Core Network für Sprache (circuit switched),
- GPRS-Core Network für Daten (packet switched),
- User Equipment (Mobile Station, Mobile Terminal).

Wie bei GPRS werden bei UMTS zunächst Daten im Netz anders behandelt als Gespräche, bis im Endzustand schließlich nur mehr Daten übertragen werden. UMTS-Gespräche sind durchgehend in Datenpakete verpackt. (Im Kernnetz kann es allerdings auch noch leitungsvermittelten Verkehr geben.) Sie gehen dabei (erst einmal) reservierte Wege, die – wie bei klassischer Leitungsvermittlung – beim Gesprächsaufbau vereinbart werden. Zwar wird keine Leitung durchgeschaltet, aber Kapazität wird für die Übertragung der Sprach-Datenpakete gebucht. Im Netz – gleichgültig, ob damit ein Fest- oder ein Mobilnetz versorgt wird – eignet sich hierfür der bewährte digitale Asynchronous Transfer Mode, ATM, der die erforderliche Übertragungsqualität (Quality of Service, QoS) verlässlich sichern kann.

In Europa wird für die 3. Mobilfunkgeneration das Modulationsverfahren CDMA (Code Division Multiple Access) eingesetzt. Dieses ist besonders sicher und sparsam, begrenzt allerdings die Zahl der Gespräche in einer Zelle nicht mehr wie bei GSM eindeutig auf das Produkt von Zeitschlitz und Frequenzen. Wie in einer vollen U-Bahn mit Stehplätzen geht eigentlich immer noch einer hinein, es wird nur für alle unbequemer und enger. Für den UMTS-Funkbetrieb bedeutet das, dass stark belastete Zellen scheinbar kleiner werden und sich so gegen Überlastung wehren - die Zellen also atmen. Die mögliche Maximalleistung einer Zelle liegt fest und steht den Teilnehmern in der Zelle als Gesamtheit zur Verfügung. Je mehr Teilnehmer aktiv sind, desto weniger Leistung kann auf den einzelnen entfallen, was sich in einer Verringerung seiner Bandbreite oder seiner möglichen Entfernung vom Sender auswirkt. In Zeiten örtlichen Hochbetriebs reduziert sich dann für weiter entfernte Teilnehmer die Bandbreite, eventuell so stark, dass sie von anderen Zellen versorgt werden müssen.

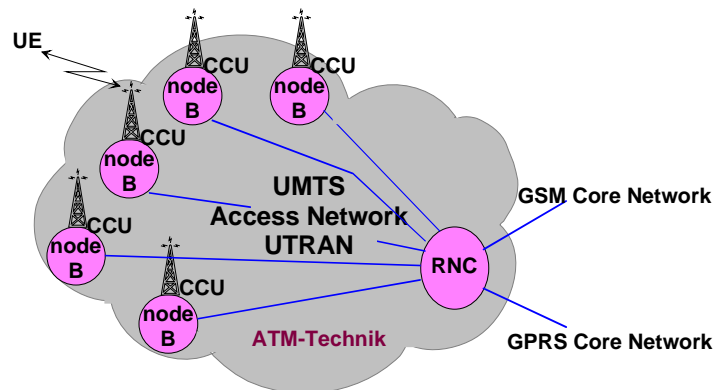
Auch der Übergang von einer Zelle zur nächsten, der Handover, geschieht bei UMTS fließend, weich. Das Netz nutzt das jeweils stärkste Signal vom bewegten Handy, bis es dann eindeutig nur in einer Zelle zu empfangen ist. In dicht besiedelten Gebieten wird man so sogar die meiste Zeit in mehreren Zellen eingebucht sein – was die Gefahr von Abbrüchen verringert, die Ansprüche an das Netz aber erhöht².

Diese beiden Funkeigenschaften – Zellen variierender Größe und gleichzeitiger Kontakt vom Handy zu mehreren Zellen – verändern die Zellplanung entscheidend. Dazu kommt, dass für mobile UMTS-Telefonate ein unbemerkter Übergang (Handover) ins klassische GSM-Netz möglich sein wird, wenn man sich aus dem durch UMTS abgedeckten Gebiet entsprechend entfernt.

² In GSM-Netzen sind die Basisstationen nicht direkt miteinander verbunden, sondern erst die Mobile Switching Center. In UMTS-Netzen werden dagegen die den Basisstationen entsprechenden Radio Network Controller, die RNCs, „im kleinen Dienstweg“ verbunden.

3.2 Netzkomponenten

3.2.1 UMTS Terrestrial Radio Access Network (UTRAN)



RNC Radio Network Controller node B Sende/Empfangsanlage CCU Channel Control Unit UE User Equipment

Bild 5 UMTS Terrestrial Radio Access Network

Radio Network Controller (RNC)

Der zentrale Knoten in einem Funkzugangnetz ist der *Radio Network Controller* (RNC). Er ersetzt den von GSM bekannten *Base Station Controller* (BSC) und übernimmt die Verwaltung der Ressourcen in allen angeschlossenen Zellen (Kanalzuweisung, Handover, Leistungssteuerung). Ferner kommuniziert der RNC über die I_u-Schnittstelle mit je einem Festnetz-knoten MSC und SGSN, ist also gleichzeitig einem MSC und einem SGSN zugeordnet. Ferner besitzt er die Möglichkeit, über die I_u-Schnittstelle ohne Umweg über das CN mit benachbarten RNCs direkt zu kommunizieren.

(4) Der RNC hat folgende wesentliche Aufgaben:

- Rufannahmesteuerung: Anders als in GSM stellt die Übertragungstechnik CDMA an der Funkschnittstelle eine große Menge von möglichen Kanälen zur Verfügung, die jedoch nicht alle gleichzeitig genutzt werden dürfen. Der Grund liegt in der Interferenz, die mit jedem weiteren genutzten Kanal ansteigt. Aus diesem Grund muss im RNC für jede einzelne Zelle das aktuelle Verkehrsaufkommen ermittelt werden. Auf der Basis dieser Information entscheidet dann die Rufannahmesteuerung, ob das Interferenzniveau nach Belegung des angeforderten Kanals akzeptabel bleibt und weist den Ruf gegebenenfalls ab. Im Standard findet sich dafür oft der Begriff *Call Admission Control* (CAC).
- Verwaltung der Funkressourcen: Der RNC verwaltet die Funkressourcen in allen angeschlossenen Zellen. Dazu zählen neben der Planung der Kanalbelegung auch die Erfassung des Interferenzniveaus, der Auslastung und die Prioritätssteuerung.
- Radio Bearer Auf- und Abbau: Der RNC ist dafür verantwortlich, bei Bedarf Radio Bearer einzurichten, aufrecht zu erhalten und am Ende auszulösen. Die Einrichtung eines Radio Bearers ist vergleichbar mit der Einrichtung einer logischen Datenverbindung und sagt nichts darüber aus, ob über den Radio Bearer paket- oder kanalvermittelte Daten übertragen werden.
- Codezuweisung: Die CDMA-Codes werden in UMTS in einem so genannten Code-Baum verwaltet. Der RNC weist jeder Mobilstation einen Teil dieses Code-Baumes zu und kann diese Zuweisung im Laufe einer Verbindung auch ändern.

- Leistungssteuerung: Für den effizienten Betrieb eines CDMA-Netzes ist es wichtig, dass die Sendeleistung aller Teilnehmer geregelt wird. Die eigentliche schnelle Regelung findet im Node B statt, aber die Vorgabe der Zielregelwerte erfolgt im RNC. Bei der Regelung werden neben den gemessenen Interferenzwerten auch Informationen aus anderen Zellen und möglicherweise sogar über RNC-Grenzen hinweg einbezogen.
- Packet Scheduling: Bei der paketvermittelnden Datenübertragung teilen sich mehrere Mobilstationen gemeinsame Ressourcen an der Funkschnittstelle. Der RNC übernimmt die Aufgabe, den einzelnen Stationen zyklisch Übertragungskapazität zuzuweisen und berücksichtigt dabei auch die jeweils individuell ausgehandelte Dienstgüte.
- Handover: Der RNC erkennt anhand der von Node B und UE übermittelten Messwerte, ob eine andere Zelle besser für die aktuelle Verbindung geeignet ist. Trifft der RNC eine Handoverentscheidung, übernimmt er die Signalisierung mit der neuen Zelle und informiert die Mobilstation über den neuen Kanal.
- SRNS³-Relocation: Es kann sein, dass sich die Mobilstation aus dem Bereich herausbewegt, der von diesem RNC verwaltet wird. In diesem Fall muss ein weiterer RNC die Kontrolle über die Verbindung übernehmen.
- Verschlüsselung: Im RNC werden die aus dem Festnetz ankommenden Daten für die Übertragung über die Funkschnittstelle verschlüsselt.
- Protokollumsetzung: Der RNC muss die Kommunikation zwischen CN, benachbarten RNCs und den angeschlossenen Node Bs abwickeln.
- ATM-Vermittlung: Die Verbindungswege zwischen Node Bs und RNC, zwischen RNCs und zwischen dem RNC und dem CN basieren in der Regel auf ATM-Strecken. Um die Kommunikation zwischen den verschiedenen Knoten zu ermöglichen, muss der RNC ATM-Verbindungen schalten und vermitteln können.
- O&M: Mit dieser Abkürzung werden Verwaltungsfunktionen für das Netzmanagement bezeichnet. Die anfallenden Daten müssen über definierte Schnittstellen an ein *Operations and Maintenance Center* (OMC) übermittelt werden.

Node B

(5) Der Node B ist das Gegenstück zur BTS in GSM und versorgt eine oder mehrere Zellen. Im Node B werden die unmittelbar mit der Funkschnittstelle zusammenhängenden Aufgaben abgewickelt. Die Vorgaben dazu kommen vom RNC. Zu einem Node B gehört neben der Antennenanlage der CDMA-Empfänger, der die Signale der Funkschnittstelle in einen Datenstrom umsetzt und diesen an den RNC über das I_{ub}-Interface weiterleitet. In der Gegenrichtung bereitet ein CDMA-Sender die ankommenden Daten für den Transport über die Funkschnittstelle auf und leitet sie an den Leistungsverstärker weiter.

Es gibt entsprechend den beiden UTRA-Modi drei Typen von Node Bs:

- UTRA-FDD Node B
- UTRA-TDD Node B
- Dual-Mode Node B, der beide UTRA-Modi gleichzeitig nutzen kann.

Zunächst ist geplant, den Node B über eine ATM-Strecke an den RNC anzubinden. Aufgrund der möglichen großen Entfernung zwischen Node B und RNC sowie den Verarbeitungszeiten können bestimmte Aufgaben, die besonders zeitkritisch sind, nicht in den RNC ausgelagert werden: hierzu zählt die schnelle Steuerung der Sendeleistung (Inner Loop Power Control), die in einem CDMA-Netz dafür sorgt, dass alle Teilnehmer gleich stark empfangen werden.

³ Serving Radio Network Subsystem

Damit der RNC sinnvolle Entscheidungen bzgl. Handover, Leistungsregelung und Rufannahmesteuerung treffen kann, benötigt er ein möglichst genaues Bild von der aktuellen Situation in der Zelle. Aus diesem Grund führen Mobilstationen und Node B periodisch Messungen der Verbindungsqualität und des Interferenzniveaus durch und übertragen das Ergebnis an den RNC. Beim Spezialfall des Softer-Handovers wird ebenfalls das Auftrennen und Zusammenführen der Datenströme der verschiedenen Sektoren schon im Node B abgewickelt.

Channel Control Unit (CCU)

Die Channel Control Unit (CCU) steuert die eigentlichen Sender. Sie steht typischerweise am Fuße des stationären Senders und wandelt die vom RNC kommenden (digitalen) Signale in (analoge) Funksignale um. Die Hochfrequenzfunktseite einer CCU ist der eigentliche Radio-Teil des Netzes. (Radio steht im Angelsächsischen nicht nur für einen Rundfunkempfänger, sondern allgemein für eine Funkübertragung.) Hier geht es nicht mehr um Bits und Bytes, sondern um Hochfrequenzschwingungen, die empfangen, gemessen, umgesetzt und andererseits mit bestimmter Stärke ausgesandt werden müssen. Von der CCU führen Koaxialleitungen zu den einzelnen Antennen.

User Equipment (UE)

Der letzte wichtige Netzknoten ist das Teilnehmerendgerät (UE). Dieses Gerät kann einen oder mehrere Funkstandards unterstützen und enthält die USIM. Es ist gleichzeitig Gegenstück zu Node B, RNC und dem CN.

Genau wie der Node B ist das UE für die Verarbeitung des Funksignals zuständig. Diese rechenintensive Aufgabe umfasst Fehlerkorrektur, Spreizen und Modulieren des Signals sowie die Funkverarbeitung bis zum Leistungsverstärker. Auf Kommando des RAN muss die Mobilstation die Sendeleistung anpassen können (Leistungssteuerung).

Als Gegenstück zum RNC wirkt die Mobilstation an der Signalisierung zum Verbindungsauf- und Abbau sowie an der Durchführung eines Handover mit. Zu diesem Zweck misst sie die Empfangsfeldstärke von benachbarten Zellen und überträgt die Messwerte an den RNC. Die Ver- und Entschlüsselung der Kommunikation mit dem RNC findet ebenfalls im User Equipment UE statt.

Dem CN liefert das UE Informationen über den aktuellen Aufenthaltsort (Mobility Management). Auch das Verhandeln über die für einen bestimmten Dienst notwendige Dienstgüte und die gegenseitige Authentifizierung findet zwischen UE und CN statt.

3.2.2 GSM Core Network (CN)

Mobile Services Switching Center, MSC

(6) Das Mobile Switching Center schaltet die Sprachverbindungen durch. Für die Suche nach dem gewünschten Telefonpartner stehen dem Mobile Switching Center das Home Location Register (HLR) und das Visitor Location Register (VLR) zur Verfügung. Funktional wird das Mobile Switching (auch Service) Center, MSC, in zwei Teile aufgeteilt: den MSC Server, MSCS und das Media Gateway, MGW. Man trennt damit den Verkehr (Connectivity) von den Signalisierungen (Control). Eine dritte Schicht ist dann die Service-Schicht (Service Layer) mit der Netzüberwachung.

- **Mobile Switching Center Server (MSCS)**

Der Mobile Switching Center Server übernimmt nach wie vor die Vermittlungsaufgaben auf der (höheren) Steuerungsebene (Control Layer), er kümmert sich um die Signalisierungen, um die Zulassung eines Gerätes zum Dienst und so weiter.

- **Media Gateway (MGW)**
Das Media Gateway ist zuständig für die Connectivity, d.h. die Verbindung, wenn sie einmal vom MSCS aufgebaut wurde. Hier werden Datenpakete wie in einem Router, einem Vermittlungsrechner, schnell weitergereicht. Deren Inhalt wird aber nicht weiter berücksichtigt. Bei gleichartigen Netzen bleiben manche MGWs transparent oder können ganz eingespart werden.
- **Gateway Mobile Switching Center (GMSC)**
Am Netzübergang zu einem anderen Netz steht das Gateway Mobile Switching Center, das die Signalisierungen dorthin weiterreicht. Anfangs sind diese Funktionen nicht in getrennten Einheiten erforderlich. Die deutliche Arbeitsteilung in einem UMTS-Netz wird sich erst mit dem Kapazitätsausbau der Netze herausstellen.

Zentrale Verwaltungsfunktionen

- **(7) Home Location Register (HLR)**
Bei der Einrichtung eines Vertragsverhältnisses werden die Teilnehmerdaten und die zugehörigen Berechtigungen und Schlüssel in einer Datenbank, dem Home Location Register (HLR), gespeichert. In dem HLR ist eine Referenz gespeichert, in welchem Teil des Mobilfunknetzes sich ein angewählter Teilnehmer befindet, so dass ein ankommendes Gespräch entsprechend weitergeleitet werden kann.
- **GPRS Register (GR)**
Die für den Betrieb der paketvermittelnden Übertragung notwendigen Informationen werden im GR gespeichert, einer Datenbank, die Teil des HLR ist. Hier werden z.B. die Berechtigungen eines Teilnehmers für den Zugang zum Internet abgelegt.
- **Interworking Location Register (ILR)**
An das HLR kann ein Interworking Location Register, ILR, angeschlossen sein. Hier liegt beim Roaming der Übergang zwischen unterschiedlichen Mobilfunknormen, die beispielsweise in Amerika häufig sind. Selbst Wähl- und Signalisierungsvorgänge können sich unterscheiden.
- **Das Authentication Center (AUC)**
Die Funkübertragung ist bei GSM stets verschlüsselt. Die Schlüssel werden mit Hilfe der USIM-Karte⁴ sowohl im Handy als auch im Netz bei nahezu allen Teilnehmeraktivitäten neu erzeugt. Die Grundlage für die Errechnung der Schlüssel ist die IMSI⁵ und der damit verknüpfte teilnehmerindividuelle Schlüssel K_i . Im Netz wird der aktuell zu benutzende Schlüssel aus Angaben des Authentifizierungszentrums, einem so genannten Triplet aus Zufallszahl (RAND), der erwarteten Handyantwort darauf (signed response, SRES) und einem Schlüssel (K_c , Cipherring Key) – im VLR des Mobile Switching Centers (MSC) gebildet. Aus derselben, über die Luftschnittstelle übertragenen Zufallszahl errechnet sich das Handy sowohl die SRES als auch den aktuell zu benutzenden Schlüssel.
- **Das Equipment Identity Register (EIR)**
Das Equipment Identity Register, EIR, verwaltet Gerätesperrlisten, denn jedes Handy

⁴ USIM steht für UMTS Subscriber Identity Module und identifiziert den Teilnehmer.

⁵ IMSI = International Mobile Subscriber Identity

hat eine vom Netz abgefragte IMEI, einen International Mobile Equipment Identifier, als unveränderbare Seriennummer.

Message Center (SMS)

Der Kurznachrichtendienst oder Short Message Service SMS erfreut sich bei steigender Tendenz großer Beliebtheit. Um den SMS-Verkehr zu bearbeiten, ist ein Message Center an das MSC angeschlossen. Auch Sprachnachrichten einer Mailbox, Faxe und E-Mails können hier verarbeitet werden.

2.3.3 GPRS Core Network

Serving GPRS Support Node (SGSN)

(8) Der SGSN ist eine Vermittlungsstelle für Paketdaten und routet die empfangenen Datenpakete zu einem definierten Ausgang. Er steht im Mobilfunknetz beziehungsweise in dessen Infrastruktur auf derselben hierarchischen Ebene wie das MSC/VLR, das Mobile Switching Center und Visitor Location Register. In Uplink-Richtung ist der SGSN mit dem GGSN über ein dem Mobilnetzbetreiber zugehöriges IP-basierendes Intra-PLMN-Netzwerk verbunden, in Downlink-Richtung verbindet der SGSN mehrere PCUs (= mehrere BSSs) über ein Frame Relay-Netzwerk mit dem GPRS Core Network. Jeder SGSN ist für die Versorgung eines bestimmten geographischen Gebiets mit Dienstleistungen und Steuerungsaufgaben zuständig, wobei sich die Teilnehmerkapazität an der vom SGSN realisierbaren geographischen Versorgungsgröße orientiert.

Von den Aufgaben her erfüllt der SGSN für die paketorientierten Dienste äquivalente Funktionen wie es die Einheit MSC/VLR für die leitungsorientierten Dienste tut.

- er baut die Datenverbindung auf und arbeitet bei Geräten, die sowohl daten- als auch sprachfähig sind mit dem für die Telefonie beziehungsweise Leitungsvermittlung zuständigen MSC/VLR zusammen.
- er führt die Authentifizierung für die Teilnehmer seines Zuständigkeitsbereichs durch
- er führt das Mobilitätsmanagement für die Teilnehmer seines Zuständigkeitsbereichs durch und verwendet dafür P-TMSI und Routing Area - im VLR: TMSI und Location Area. Zum Mobilitätsmanagement gehören z.B.:
 - GPRS Attach / Detach
 - Cell Updates and Routing Area Updates
 - Paging
- er stellt beim Verbrauch GPRS-interner Netzressourcen einer Verrechnungsstelle die Verrechnungsgrundlagen in Form des Call Data Record CDR) zur Verfügung. Diese CDRs werden über das IP-basierende Intra-PLMN-Backbone (Ga-Schnittstelle) zum Charging Gateway (CG) weitergeleitet, von wo sie einem Verrechnungszentrum zur Verfügung gestellt werden, um dem Kunden das Service am Monatsende in Rechnung zu stellen
- er verschlüsselt die Paketdaten auf Wunsch des Teilnehmers - im Gegensatz zu GSM, wo die Verschlüsselung der Sprachdaten erst in der BTS erfolgt.
- für die Datenkompression verwendet der SGSN andere Algorithmen als die TCE für die Sprachdatenkompression.

Gateway GPRS Support Node (GGSN)

(9) Der GGSN befindet sich im Core Network (Vermittlungsnetz) und hat als Gateway in GPRS- und UMTS-Netzen die Aufgabe, den Datenverkehr zwischen externen PDNs (Packet Data Network - paketvermittelte Übertragungsnetze z.B. Internet) und Vermittlungsnetz (Packet Domain) des Mobilfunknetzes (GPRS oder UMTS) zu koordinieren. Darunter versteht man die Verbindungsaufnahme mit fremden Datenpaketdiensten samt der Identifikation der Nutzer gegenüber diesen Diensten, das Durchschleusen (Tunneln) von Datenpaketen in beiden Richtungen und schließlich das Erstellen von Abrechnungsdaten für alle Mobilfunknetz-externen Ressourcen - also alle Gebühren, die außerhalb des Mobilfunknetzbetreibers anfallen bzw. in Rechnung gestellt werden sollen (z.B. Leitung zum externen Internet). Über die Ga-Schnittstelle wird dieses Ticket über ein Charging-Gateway an ein Verrechnungscenter weitergeleitet, wo es entsprechend einem Kostensatz umgerechnet und dem Mobilteilnehmer zugerechnet wird.

Alle von GPRS unterstützten Paketdatenprotokolle (PDP - Packet Data Protocol), wie z.B. IP, PPP und IPOS, müssen auch von den GGSNs durchgeführt werden können. Es ist jedoch nicht erforderlich, dass jeder GGSN alle diese Paketdatenprotokolle unterstützen, sondern die Protokolle können auf verschiedene GGSNs aufgeteilt werden. Entsprechend dem PDP-Context (und damit dem verwendeten Paketdatenprotokoll) wird bei einer Datensession der entsprechende GGSN für die Datenversorgung des Mobilteilnehmers verwendet.

Wird vom GPRS-Handy bei der Aktivierung des PDP-Contextes dem SGSN ein APN (Access Point Name) bereitgestellt, so kann der SGSN auch mit Hilfe dieses APNs den entsprechenden GGSN für den Datentransfer wählen. Der APN definiert den entsprechenden GGSN eines Mobilfunknetzes, der die gewünschte Dienstcharakteristik erfüllt. So lautet z.B. bei Connect Austria der APN: web.one.at oder bei der Mobilkom Austria: a1.net, wobei diese URLs noch vom DNS-Server in eine IP-Adresse umgedeutet werden müssen, um im IP-Netz den entsprechenden GGSN erreichen zu können. Sollte vom GPRS-Handy dem SGSN kein APN angeboten werden, so muss der SGSN selbst entsprechend dem angeforderten PDP-Protokoll den passenden GGSN wählen.

Der GGSN ist über die Gi-Schnittstelle mit dem externen PDN verbunden, wobei zwischen GGSN und PDN im Allgemeinen noch eine Firewall geschaltet wird. Bewegt sich ein Mobilteilnehmer von einer Funkzelle zur nächsten, so kann während einer Datensession zwar der SGSN, aber nicht der gerade aktive GGSN gewechselt werden.

Für den Internetzugang kann man sich den GGSN als Internet Service Provider (ISP) vorstellen, der mit dem WorldWideWeb verbunden ist. Für diese Funktion braucht der GGSN einen DNS- und einen DHCP-Server. Der DNS-Server (Domain Name System) ist für die Auflösung der URLs in eine für den Rechner verständliche IP-Adresse (xxx.xxx.xxx.xxx) verantwortlich. Da sich Texte leichter merken lassen als Zahlen, wird das DNS verwendet. Der DHCP-Server (Dynamic Host Configuration Protocol) erlaubt dem ISP, dass er einem Rechner bzw. einem Client keine feste IP-Adresse zuweisen muss, sondern eine dynamische Adresse verwenden kann. Der GGSN selbst besitzt eine international eindeutige IP-Adresse, mit der er vom externen Internet eindeutig identifiziert werden kann.

Eine weitere Aufgabe des GGSNs ist die Aktivierung bzw. die Deaktivierung eines PDP-Contextes, sowie die Entscheidung eines QoS-Profiles (Quality of Service: Dienstgüte-Profil), das einem Teilnehmer zur Verfügung gestellt wird.

2.3.4 Intelligent Network Function

Service Control Point (SCP)

Der Service Control Point (SCP) macht das Netz intelligent. Er kann entweder beim MSC stehen, aber auch abgesetzt betrieben werden. Im SCP werden Dienste aktiviert und verwaltet, etwa besondere Nummernkreise geschlossener Benutzergruppen, vom B-Teilnehmer bezahlte 0800er- und Kreditkartengespräche.

Service Order Gateway (SOG)

Im Service Order Gateway (SOG) liegt der Übergang vom Mobilfunknetz in die eher administrativen EDV-Systeme des Netzbetreibers. Häufig sind hier auch die Abfrageplätze angebracht, die zum Beispiel das Freischalten eines Teilnehmers oder Sperrungen ermöglichen.

Billing Gateway (BGW)

Großen Aufwand macht in Mobilfunknetzen mit ihren vielfältigen Tarifen das Billing, die Rechnungsstellung. Zunächst müssen im Billing Gateway BGW die gebührenrelevanten Gesprächsdaten erfasst werden. Von dort gehen elektronische Gesprächsdatensätze (Abrechnungsdatensätze) gegebenenfalls zum Abgleich (Clearing) an eine zentrale Verrechnungsstelle aller Netzbetreiber, damit später jedes Netz seinen Anteil am Gebührenaufkommen erhält. Bei UMTS kommt außerdem die Berechnung der Datenpakete beziehungsweise der Datenmengen dazu. So erzeugt der Gateway GPRS Support Node, GGSN, Daten zur Verrechnung des Datenverkehrs (Abrechnungsdatensätze) und sendet sie an das BGW (zuweilen in einer ersten Phase so abgewandelt, dass das BGW mit diesen ungewohnten Meldungen zurechtkommt).

2.3.5 Operation and Support System (OSS)

Der zentralen Überwachung und Steuerung des Betriebs (Operation) dient das Operation and Support System (OSS). Am OSS sind die Abfrageplätze angeschlossen, die Eingriffe in das gesamte Netz erlauben. Softwarehilfen (Tools) nehmen sich einzelner Aufgaben an, etwa der Ressourcenverwaltung und der Statistik.

4 UMTS - Funkschnittstelle

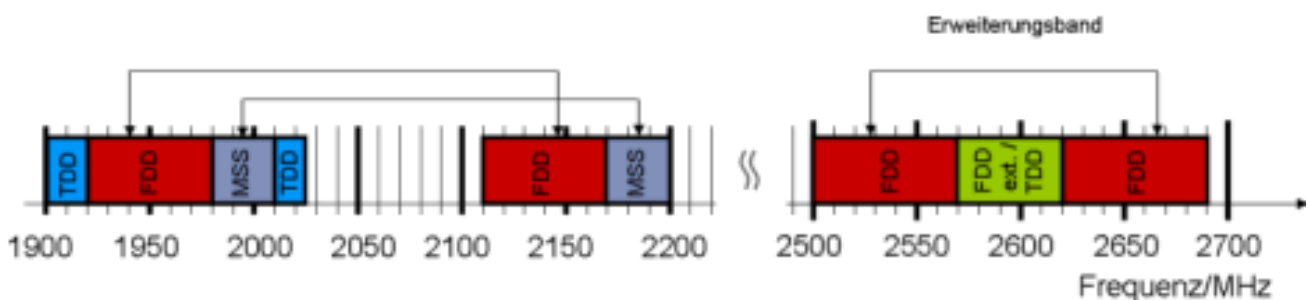
4.1 Frequenzbereiche

Auf der World Radio Conference (WRC) 1992 wurde für Systeme der 3. Generation allgemein der in Bild 3 oben dargestellte Frequenzbereich reserviert. Von 1880 MHz bis 1985 MHz und von 2010 MHz bis 2025 MHz so wie von 2110 MHz bis 2170 MHz stehen insgesamt 175 MHz für terrestrische Systeme zur Verfügung. Hinzu kommen zweimal 30 MHz für satellitengestützte Systeme.

Da diese Frequenzen wie unten angeführt, nicht überall zeitgerecht bzw. überhaupt nicht verfügbar sind favorisiert das UMTS-Forum neben anderen Maßnahmen einen zeitlich gestaffelten Einsatzplan UMTS weltweit einsetzbar zu machen.

- In Japan wird der Bereich von 1900 MHz bis 1920 MHz durch *Personal Handyphone Service* (PHS) bereits belegt, d.h. dieser Frequenzbereich steht dort nicht für 3G zur Verfügung.
- In den USA wird das Spektrum bereits durch eine Vielzahl von 2G-Systemen genutzt, u.a. GSM1900. Aus diesem Grund werden 3G-Systeme in den USA nicht ohne weiteres betrieben werden können. Zurzeit werden in den USA drei Bänder diskutiert: 698 MHz bis 960 MHz, 1710 MHz bis 1885 MHz und 2500 MHz bis 2690 MHz, wobei Teile des mittleren Bandes bereits vom Militär verwendet werden.
- In Europa sind die Frequenzen von 1880 MHz bis 1900 MHz von Schnurlostelefonen die nach dem DECT-Standard arbeiten belegt. Unterhalb von DECT liegt das GSM1800 System.

Es ist geplant ab 2005 zusätzliche Erweiterungsbänder zu verwenden. Das UMTS-Forum diskutiert in diesem Zusammenhang die Vor- und Nachteile verschiedener Frequenzbereiche. Am wahrscheinlichsten erscheint zurzeit das Band von 2520 MHz bis 2670 MHz. In diesem Spektrum operieren zwar andere Systeme, die sich aber vergleichsweise leicht in andere Bänder verlegen lassen. Dieser Block von nochmals 150 MHz würde die meisten vorhergesehenen Anwendungen ermöglichen und liegt relativ dicht neben einem zweiten Kandidaten (2700 MHz bis 2900 MHz), den man in einer dritten Stufe ebenfalls für 3G nutzen könnte.



FDD ... Frequency Division Duplex
 UTRA: WCDMA
 Gepaartes Spektrum 2x30 MHz
 Uplink: 1920 - 1980 MHz
 Downlink: 2110 - 2170 MHz
 Uplink: 2500 - 2570 MHz
 Downlink: 2620 - 2690 MHz

TDD ... Time Division Duplex
 UTRA: TD-WCDMA
 Ungepaartes Spektrum 35 MHz
 1900 - 1920 MHz
 2010 - 2025 MHz

MSS ... Mobile Satellite Service
 Gepaartes Spektrum 2x30 MHz
 Uplink: 1980 - 2010 MHz
 Downlink: 2170 - 2200 MHz

UTRA: ...UMTS Terrestrial Radio Access
 (Stand: 26. 04. 2006)

Quelle: www.rtr.at

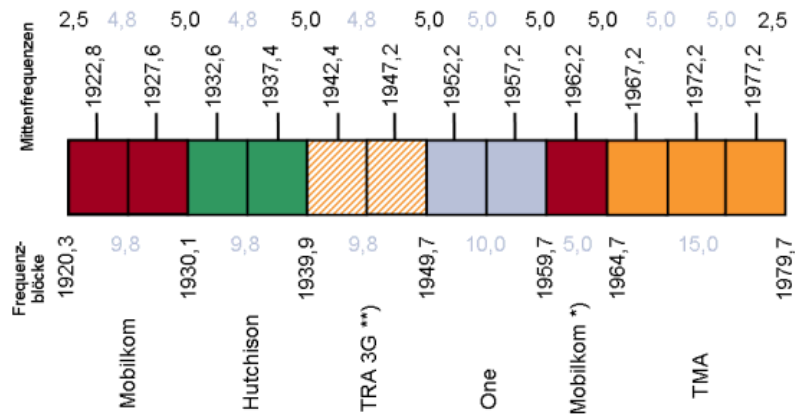
Bild 6 Frequenzspektrum für 3G Systeme

Die UMTS Systeme nutzen eine Kanalbandbreite von 5 MHz, die im vorgesehenen Frequenzspektrum für folgende Anwendungen vorgesehen sind:

- Gepaarte Kanäle (Frequency Division Duplex, FDD)
von 1920 MHz bis 1980 MHz stehen 12 Kanäle gepaartes Spektrum zur Verfügung, d.h. zu jedem 5 MHz Kanal in diesem Band existiert ein weiterer Kanal zwischen 2110 MHz und 2170 MHz. Man nennt diese Bänder auch gepaarte Bänder. Die gepaarten Satellitenbänder sind bisher noch nicht zugewiesen worden.
- Ungepaarte Kanäle (Time Division Duplex TDD)
von 1900 MHz bis 1920 MHz und von 2010 MHz bis 2025 MHz stehen insgesamt sieben ungepaarte Kanäle zur Verfügung. Das bedeutet, dass in einem 5 MHz Kanal sowohl die Übertragungsrichtung Mobilstation - Basisstation (Uplink) als auch die Gegenrichtung Basisstation - Mobilstation (Downlink) realisiert werden muss.

Bei der Lizenzvergabe wurden in Österreich insgesamt sechs Lizenzen für jeweils zweimal 10 MHz in den gepaarten Bändern vergeben. Das bedeutet, dass jeder der sechs Lizenznehmer 10 MHz zwischen 1920 MHz und 1980 MHz sowie weitere 10 MHz im dazu korrespondierenden Bereich zwischen 2110 MHz und 2170 MHz nutzen darf.

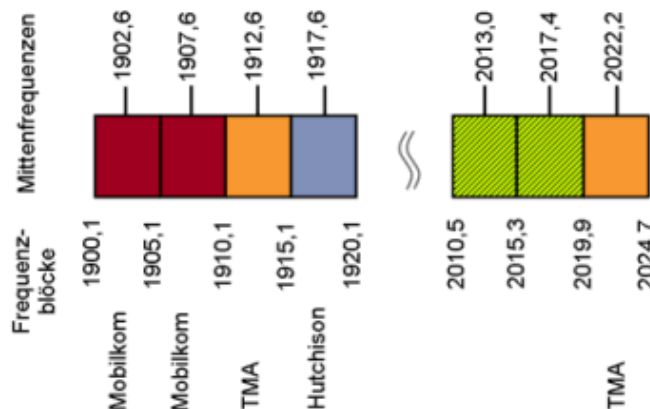
Zusätzlich zu diesen Frequenzen haben fünf der Lizenznehmer einen der sieben ungepaarten 5 MHz Blöcke ersteigert. In diesem zusätzlichen Spektrum sollen später asymmetrische Internetdienste angeboten werden.



*) Frequenzinhaberin 3G Mobile (100% Tochter der Mobilkom)
 **) Details siehe Entscheidung der TKK F2/05 (Stand: 21. 9. 2004)
 (Stand: 26. 04. 2006)

Quelle: www.rtr.at

Bild 7 in Österreich vergebene UMTS-FDD Frequenzen



(Stand: 26. 04. 2006)

Quelle: www.rtr.at

Bild 8 in Österreich vergebene UMTS-TDD Frequenzen

4.2 Codierung

Allgemeines

Der neue Mobilfunkstandard für die dritte Generation wird gerne als globaler Standard bezeichnet. Die von UMTS verwendeten Übertragungstechniken werden sich jedoch von anderen in verschiedenen Regionen der Welt eingesetzten Verfahren deutlich unterscheiden:

- In Europa und Japan wird Wideband-CDMA (WCDMA) verwendet werden, das im Wesentlichen nach der CDMA Technik arbeitet. Zudem soll in Europa noch TD-CDMA, eine Kombination von TDMA und CDMA, die sich besser für asymmetrische Übertragungen (wie bei Multimedia-Anwendungen) eignet, zum Einsatz kommen.
- In China wird eine spezielle Variante der TD-CDMA verwendet namens TD-SCDMA, die in einem besonderen Synchron-Modus arbeitet in dem alle Basisstationen synchron senden und empfangen.
- In den USA sind überwiegend noch analoge Funknetze verbreitet, die nach dem TDMA-Prinzip arbeiten. Da diese Netze im Frequenzbereich um 800 MHz funken, lassen sie sich nicht auf UMTS aufrüsten. Die Betreiber müssen das EDGE (Enhanced Data Rates for GSM Evolution) System verwenden, einer mit UMTS verwandten Breitband Funktechnik, die auf GSM-Frequenzen arbeitet.

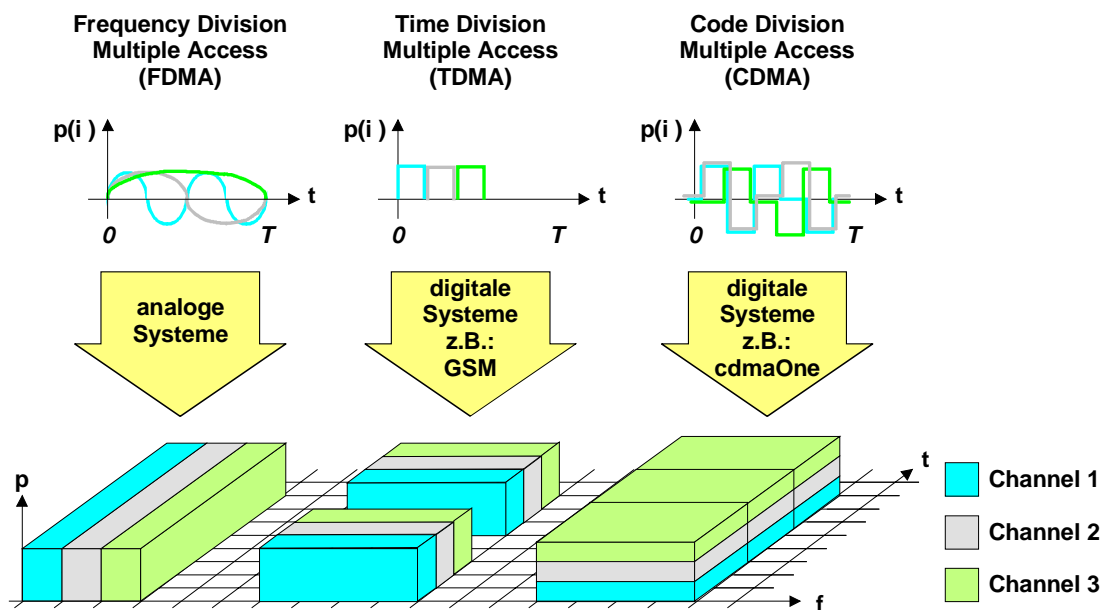


Bild 9 Vielfachzugriffsverfahren - Übersicht

Direct Sequence Code Division Multiple Access DS-CDMA

(10) Das in Europa für UMTS eingesetzte Code-Division-Multiple-Access-Verfahren (CDMA-Verfahren) ist ein „spreadspectrum Verfahren“ und basiert auf der Trennung der Übertragungskanäle durch Codes. Kennzeichnend für dieses Verfahren ist die Übertragung eines schmalbandigen Funksignals in einem breiten Frequenzspektrum⁶, wobei das schmalbandige Signal durch eine geeignete Codiervorschrift auf ein breitbandiges Signal abgebildet wird. Man spricht in diesem Zusammenhang von Codespreizung.

⁶ Mit 5 MHz sind die Übertragungsfrequenzen 25-mal so breit wie bei GSM mit nur 200 kHz.

Das CDMA-Verfahren hat folgende wesentliche Eigenschaften:

- Multiplikation des Datenstroms (Bits) mit einer teilnehmerspezifischen, zweiwertigen Codefolge.
- Jedes Bit wird dadurch auf eine Anzahl von Chips abgebildet. Aus dem Bitstrom entsteht ein Chipsstrom.
 - Übertragung mit einer im Vergleich zur Datenrate großen Bandbreite
 - Aufprägen eines „Fingerabdruckes“
- Übertragen aller Teilnehmersignale mit derselben Trägerfrequenz
 - Signal-zu-Rauschverhältnis $S/N = <1$
- Systeme, in denen CDM angewandt wird, sind störsicherer als FDM- und TDM-Systeme, dies gilt sowohl für atmosphärische als auch für gezielte Störung der Kommunikation.
- Ein weiterer Vorteil gegenüber dem TDM-Verfahren ist, dass in CDM-Systemen keine Zeitsynchronisation der verschiedenen Sender erforderlich ist. Sie sind aufgrund des Codes selbstsynchronisierend.

(11) Für CDMA sind zwei Zugriffsverfahren vorgesehen:

• **FDD, Frequency Division Duplex**

FDD, Frequency Division Duplex, es sind zwei Frequenzbänder, eines von 1920 bis 1980 MHz für Uplink und ein weiteres von 2110 bis 2170 MHz für Downlink. Der »Duplexabstand« zwischen Senden und Empfangen liegt damit bei 190 MHz. FDD bietet im Downlink Bereich eine höhere Verkehrskapazität als im Uplink Bereich und ist das erste Zugriffsverfahren welches bei UMTS eingesetzt wird.

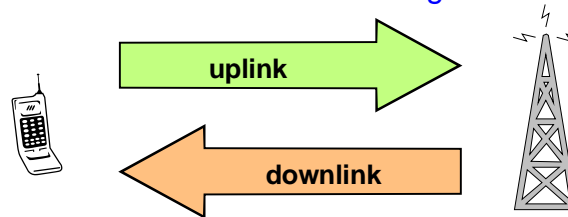


Bild 10 CDMA- FDD: Frequency Division Duplex

• **TDD, Time Division Duplex**

TDD, Time Division Duplex, ist die ungepaarte Modulationsvariante mit Wechsel und wird die Frequenzbänder 1900 bis 1920 und 2010 bis 2025 MHz nutzen, wobei der Duplexabstand 110 MHz beträgt. In Einzelbändern ohne zweites Band (Duplexband) lässt sich nur TDD verwenden, was in einigen Gegenden Europas mangels freier Duplexbänder nötig sein wird. TDD, wo zeitlich hin- und hergeschaltet werden muss, eignet sich besser für kleine Zellen mit entsprechend geringer Laufzeitverzögerung, zum Beispiel für Anwendungen im Haus, da Zellenwechsel (handover) schwierig ist. Es ist für höhere Datenraten (Ballungsräume) geeignet und kann bei asymmetrischer Lastverteilung das Frequenzspektrum besser nützen.

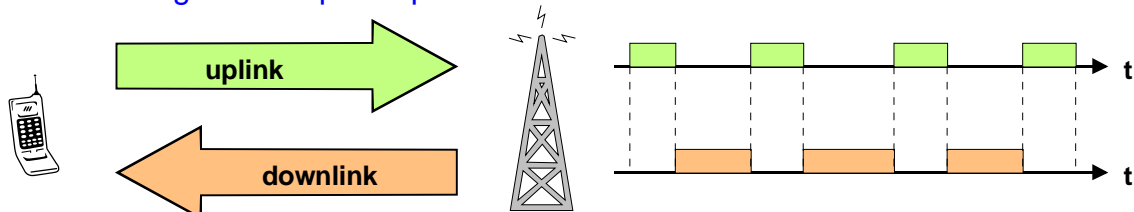


Bild 11 CDMA- TDD: Time Division Duplex

Prinzip der Codierung und Decodierung

(12) Je UMTS-Netz ist ausschließlich ein Frequenzkanal von 5MHz Breite vorgesehen, die zu übertragenden Daten müssen daher durch einen sog. Spreizcode dieser Bandbreite angepasst werden. Beim Codiervorgang wird daher der bipolare Nutzdaten-Bitstrom mit einer teilnehmerspezifischen bipolaren Codefolge⁷ multipliziert. Die Elemente der Codefolge nennt man Chips, um sie von den Bits des Nutzdatenstroms semantisch unterscheiden zu können. Durch die Multiplikation des Bitstroms mit dem Chipstrom entsteht wieder ein bipolarer Datenstrom der die Rate des Chipstroms hat. Überträgt man den entstehenden Chipstrom, so ist hierzu eine Bandbreite notwendig, die größer ist als die Bandbreite, die zur Übertragung des Nutzdaten-Bitstroms notwendig wäre. Dieses Verfahren wenden alle Teilnehmer an, um mit dem teilnehmerspezifischen Code ihren Nutzdaten einen Fingerabdruck aufzuprägen, der es erlaubt, das gesendete Signal aus der Summe der empfangenen Signale zu rekonstruieren. Da alle Teilnehmer gleichzeitig im selben Frequenzband senden ist es leicht möglich, dass das Signal-zu-Störleistungsverhältnis am Empfänger kleiner wird als Eins, da das Signal eines Teilnehmers typischerweise eine geringere Leistung besitzt als die Summe der Leistungen der Signale der anderen Teilnehmer.

Beim Decodiervorgang wird der empfangene Chipstrom im Empfänger wieder mit dem Spreizcode multipliziert um den ursprünglichen Bitstrom zurück zu gewinnen. Empfängt der Empfänger die Summe mehrerer Teilnehmersignale, so wird diese Summe mit dem Spreizcode des betrachteten Teilnehmers multipliziert. Um den Einfluss aller anderen Teilnehmersignale zu eliminieren, wird das entstehende Produkt aus Empfangssignal und Spreizcode periodisch für die Dauer eines Bits integriert und das entstehende Signal zum Ende einer Periode abgetastet. Eine solche Architektur mit Multiplikator und Integrator stellt bezüglich des Abtastzeitpunktes am Ende einer Bitdauer ein so genanntes signalangepasstes Filter (matched filter) dar.

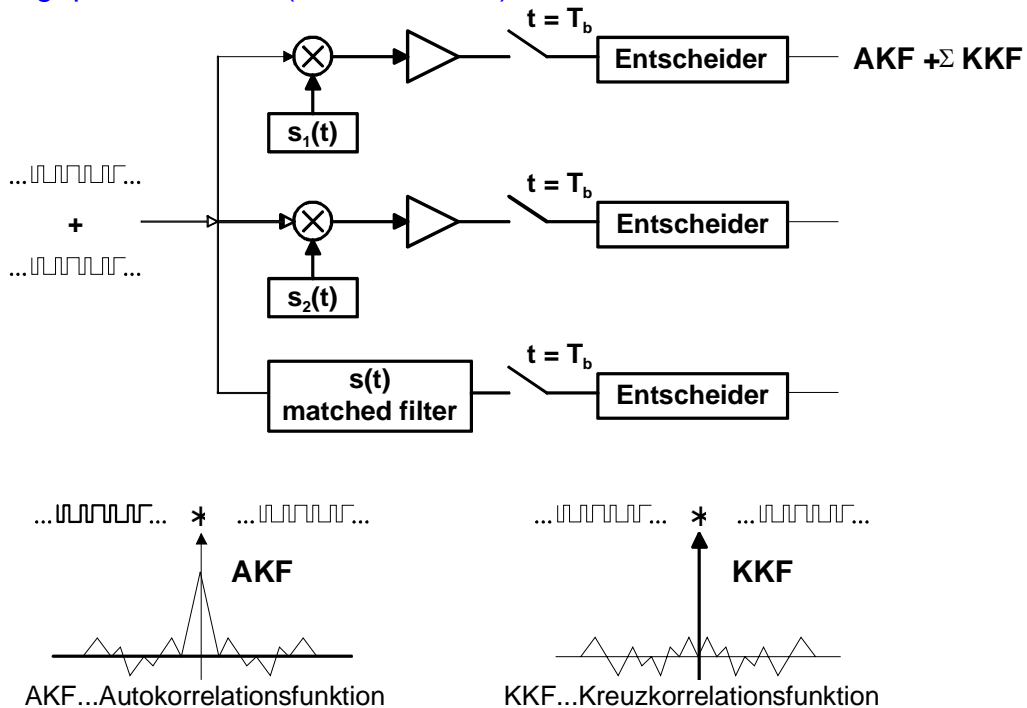


Bild 12 Korrelationsempfang von CDMA-Signalen

Entspricht das empfangene Signal der Musterfunktion, so erhält man am Ausgang eines Matched Filters die *Autokorrelationsfunktion* (AKF) der Musterfunktion die ihr Maximum dann hat,

⁷ Die teilnehmerspezifischen bipolaren Codefolgen werden auch Chip-Codes oder Pseudo-Noise-Codes genannt.

wenn die Phasenverschiebung zwischen empfangenem Signal und Musterfunktion gleich Null ist. Entspricht das empfangene Signal nicht der Musterfunktion, so erhält man am Ausgang des Matched Filters die *Kreuzkorrelationsfunktion* (KKF) der Musterfunktion mit dem empfangenen Signal. Da der Empfänger die Summe aller gespreizten Teilnehmersignale empfängt, erhält man am Ausgang eines Zweiges des in der Abbildung gezeigten Korrelationsfilter-Empfängers am Ende einer Periode die Summe aus Autokorrelation des Spreizcodes eines Teilnehmers und der Kreuzkorrelationen der Spreizcodes aller anderen Teilnehmer mit dem Muster-Spreizcode. Sind die Spreizcodes der verschiedenen Teilnehmer zueinander orthogonal verschwinden die Beiträge der Kreuzkorrelationen und man erhält das störungsfreie Signal des Teilnehmersignals.

Bei der Signaldecodierung wird die Summe aus Teilnehmer- und Störsignal mit dem Spreizcode des Teilnehmers multipliziert und die ursprüngliche Bitfolge des Teilnehmers wieder rekonstruiert. Das entstehende Teilnehmersignal hat eine um den Spreizfaktor geringere Bandbreite als das gespreizte Signal wodurch sich die Leistungsdichte des Teilnehmersignals um den Spreizfaktor erhöht. Dem Störsignal gegenüber stellt sich die Multiplikation mit einer Codefolge aber wie ein Spreizvorgang dar wobei sich die Leistungsdichte des Störsignals um den Spreizfaktor verringert. CDMA-Systeme sind deshalb resistent gegen schmalbandige Störsignale und werden daher oft auch in der Militärtechnik eingesetzt.

Den prinzipiellen Ablauf der oben beschriebenen Vorgänge zeigt nachfolgendes Beispiel:

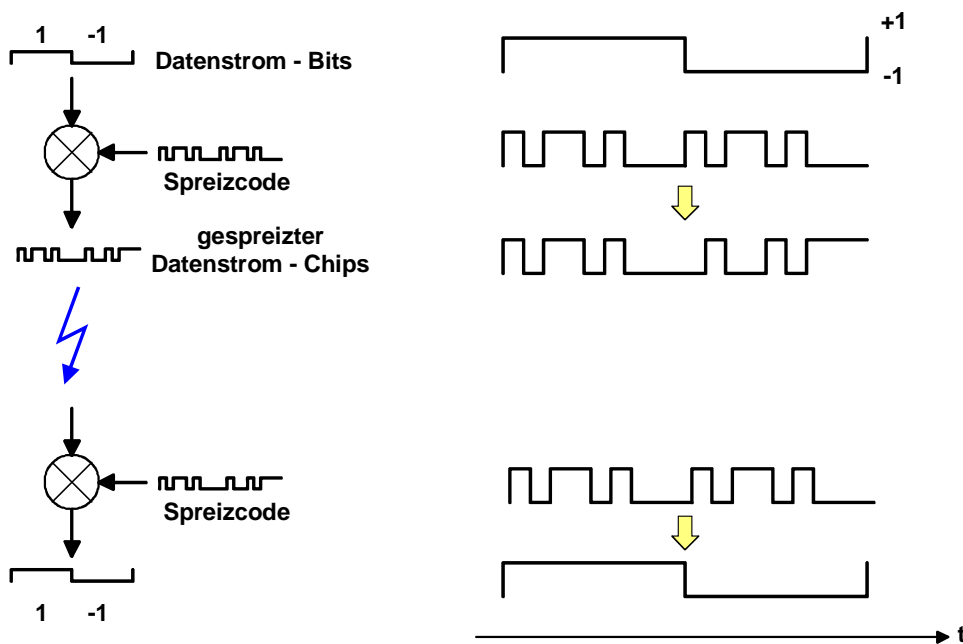


Bild 13 Erzeugen eines Chipstroms und Rückgewinnens des Bitstroms

Es soll die Bitfolge 10 übertragen werden. Zur Erzeugung des Chipstroms wird die Codefolge 10110100 verwendet, welche die achtfache Übertragungsrate des Bitstroms hat. Damit entspricht die Länge der Codefolge genau der Dauer eines Bits. Jedes Bit wird nun phasenrichtig mit der Codefolge multipliziert, sodass daraus ein Chipstrom 1011010001001011 entsteht. Man erkennt, dass aus den beiden Bits durch die Multiplikation 16 Chips geworden sind, die nun mit einem geeigneten digitalen Modulationsverfahren über den Mobilfunkkanal übertragen werden können.

Im Empfänger kann man aus der empfangenen Chipfolge die Bits des Datenstroms wiedergewinnen, indem der Vorgang der Multiplikation wiederholt wird. Hierzu wird der Chipstrom mit derselben Codefolge, die bereits im Sender verwendet wurde, erneut phasenrichtig multipliziert, woraus sich die gesendete Bitfolge 10 ergibt.

UMTS Spreizcodes (Codierregeln)

Spreizcodes zeichnen sich dadurch aus, dass sie zueinander orthogonal sind, d.h. dass ihre Kreuzkorrelation verschwindet. Da orthogonale Codes bei asynchronem Chip-Empfang ihre Orthogonalität verlieren, muss ein CDMA-Empfänger die laufzeitbedingte Verschiebung der einzelnen Teilnehmersignale kompensieren, wodurch der Decodierungsaufwand mit steigender Zahl von Teilnehmersignalen stark zunimmt.

Quasi-orthogonale Codes vermeiden diesen Nachteil, da sie auch bei einer Zeitverschiebung quasi-orthogonal bleiben. Quasi-orthogonale Codes entstehen durch Multiplizieren des Summensignals mit einem Verwürfelungscode. Sie haben die Eigenschaft, dass die Kreuzkorrelationen zwar nicht komplett verschwinden aber so gering sind, dass einander Teilnehmersignale nur wenig stören.

Verwürfelungscodes sind prinzipiell Sender-spezifisch. Da der Verwürfelungscode dieselbe Rate hat wie die gespreizten Chipströme wird durch die Verwürfelung nur das Vorzeichen des Summensignals systematisch an einigen Stellen vertauscht, während die Chiprate unverändert bleibt. Der Verlust der Orthogonalität durch Verwürfeln des Summensignals geht zwar mit einem Übersprechen verschiedener Codekanäle einher, hat aber den Vorteil dass quasi-orthogonalen Signale auch bei einer Zeitverschiebung quasi-orthogonal bleiben, wodurch die Signale verschiedener Sender nicht synchronisiert werden müssen, bzw. im Empfänger nicht chipsynchron ankommen müssen.

Im FDD-Modus von UMTS ist der Verwürfelungscode stationsspezifisch, d.h. jede Basisstation und jede Mobilstation verwendet einen anderen Verwürfelungscode.

Im TDD-Modus ist der Verwürfelungscode zellspezifisch, d.h. die Mobilstationen derselben Zelle verwenden denselben Verwürfelungscode wie die Basisstation. Die Datenströme in einer Zelle werden daher im Downlink mit demselben Verwürfelungscode übertragen und sind daher orthogonal. Dieser Umstand erlaubt, dass im TDD-Modus pro Zelle nur bis zu sechzehn Mobilstationen gleichzeitig senden können, im FDD-Modus aber wesentlich mehr.

Codefamilien, die aus verschiedenen langen orthogonalen Codesequenzen bestehen sind für den Mobilfunk besonders geeignet. Eine solche Familie bilden die so genannten orthogonalen Codes mit variablem Spreizfaktor⁸ (OVSF-Codes), die in UMTS Anwendung finden. Beim Einsatz solcher Codes werden verschiedene Übertragungsraten durch Multiplizieren mit unterschiedlichen Chipraten realisiert wie das Beispiel im folgenden Bild zeigt:

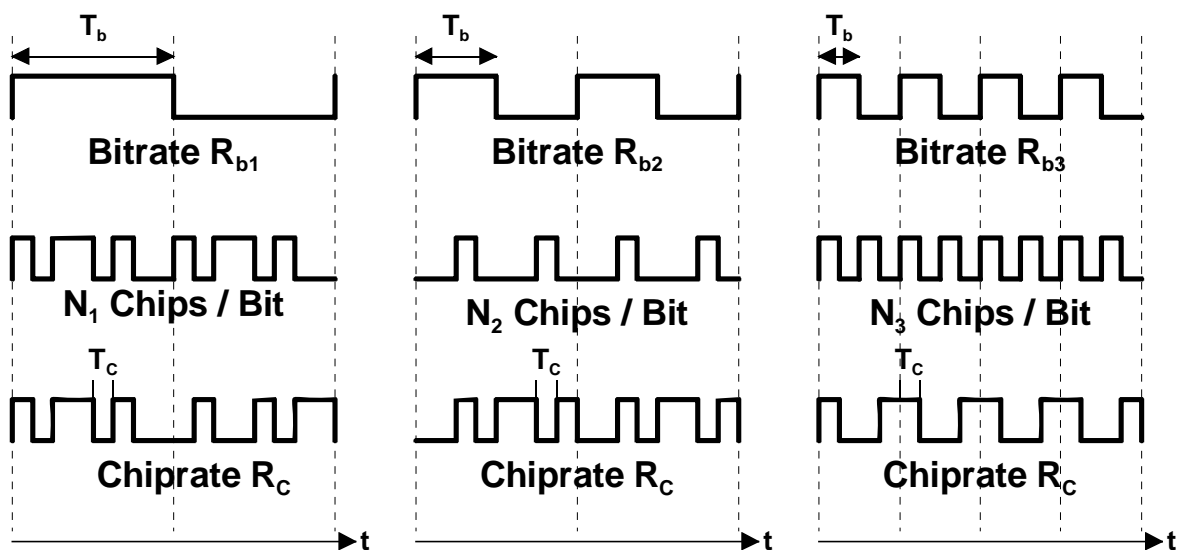


Bild 14 Realisierung variabler Bitraten mittels OVFS-Codes

⁸ OVFS = Orthogonal Variable Spreading Factor Code

- Beim ersten Datenstrom wird jedes Bit mit einem Spreizcode von je acht Chips multipliziert. Die Übertragungsrate des entstehenden Chipstroms ist daher das Achtfache derjenigen des Bitstroms = 16 Chips.
- Beim zweiten Datenstrom wird jedes Bit mit einem Spreizcode von je vier Chips multipliziert. Die Übertragungsrate des entstehenden Chipstroms ist daher das Vierfache derjenigen des Bitstroms = 16 Chips.
- Beim dritten Datenstrom wird jedes Bit mit einem Spreizcode von je zwei Chips multipliziert. Die Übertragungsrate des entstehenden Chipstroms ist daher das Doppelte derjenigen des Bitstroms = 16 Chips.

(13) Codes mit variablem Spreizfaktor können mit Hilfe eines Codebaumes erzeugt werden. Jeder Knoten des Baumes hat genau zwei Äste, die je einen Code mit der doppelten Länge repräsentieren. Die Codes einer Ebene (vertikal) haben dieselbe Länge N und daher auch denselben Spreizfaktor. Jeder Code mit einem Spreizfaktor N wird aus einem Code mit dem Spreizfaktor $N/2$ erzeugt. Daher stehen in der k -ten Ebene eine Menge von 2^k Spreizcodes mit einer Länge von $2k$ Chips zur Verfügung. Beispielsweise gibt es vier Codes mit Spreizfaktor vier und acht Codes mit Spreizfaktor acht.

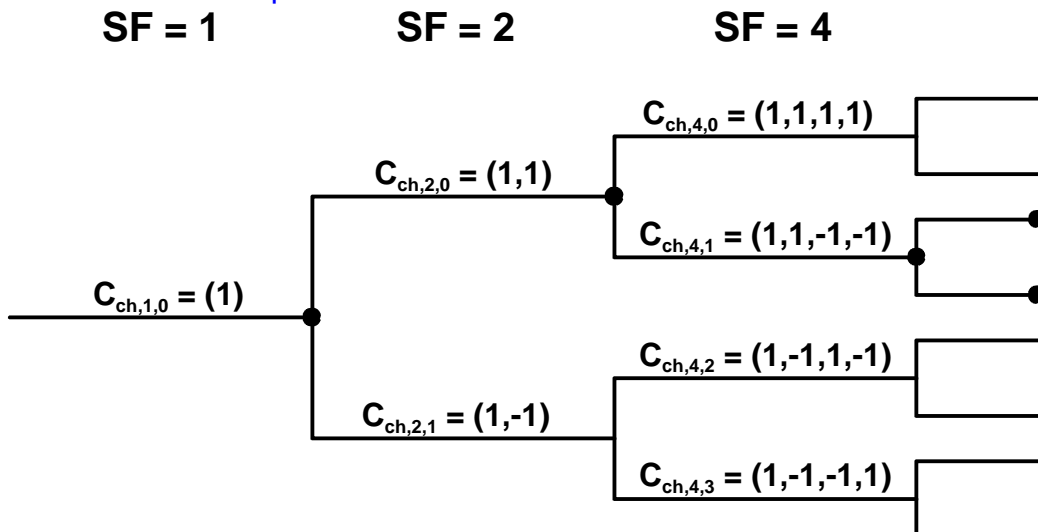


Bild 15 OVSF-Codebaum

Codes verschiedener Ebenen sind nur dann orthogonal zueinander, wenn sich der kürzere nicht im längeren wieder findet. Das bedeutet, dass zwei Codes verschiedener Ebenen des Codebaumes orthogonal zueinander sind, solange einer der beiden Codes kein Muttercode des anderen ist. Durch diese Einschränkung ist die Anzahl der gleichzeitig verwendbaren Codes abhängig von der Bitrate und dem Spreizfaktor.

Verwendet ein Teilnehmer den Spreizfaktor Eins, so existiert kein weiterer Code, der diesen Code nicht als Muttercode hat, der Teilnehmer verwendet dann den Kanal exklusiv. Verwendet ein Teilnehmer aber beispielsweise den Spreizfaktor zwei, so kann ein weiterer Teilnehmer den Spreizfaktor zwei oder zwei weitere Teilnehmer den Spreizfaktor vier verwenden.

Insgesamt ergeben sich durch das CDMA-Verfahren eine Reihe von Vorteilen für die funktotechnischen Übertragungen:

- Das Funksignal kann mit einer reduzierten Leistung gesendet werden, weil die Empfänger systembedingt eine höhere Empfindlichkeit aufweisen. Dies bewirkt, dass die Funksignale schwerer zu orten sind.

- Das Funksignal kann nur dann optimal decodiert werden, wenn die richtige Pulsfolge des Codes bekannt ist, womit ein kryptographisches Verfahren zum Schutz der übertragenen Daten im Gegensatz zu GSM entfallen kann.
- Auch bei Störungen kann das gesendete Signal durch den Empfänger wiederhergestellt werden (Robustheit gegenüber Störungen). Künstliche Störungen des Signals durch Dritte ist nahezu unmöglich, da ein Störsender in der Regel nicht über eine ausreichende Sendeleistung verfügt, um das gesamte Frequenzspektrum zu überdecken und somit die Signalübertragung gänzlich zu verhindern.

Ein Problem des CDMA-Standards ergibt sich aus der Tatsache, dass alle beim Empfänger einfallenden Signalfolgen auf ca. 1dB genau gleichstark vorliegen müssen, sonst unterdrückt das stärkere das schwächere Signal (Near/Far Problem). Man benötigt somit eine schnelle Leistungssteuerung des Senders durch den Empfänger (Power Control). Ein systembedingter Nachteil liegt auch darin, dass Sender und Empfänger synchrone Pseudozufallszahlen generieren müssen. Von mehreren Stationen gleichzeitig übertragen, können zufällige statistische Überlagerungen dieser Zahlen auftreten, die zu Fehlern führen und somit Maßnahmen zur Fehlererkennung und -korrektur erfordern.

Die codeindividuelle Spreizung des Signals beim CDMA-Verfahren ergibt eine individuelle Bandbreite der Signale, was eine höhere Anzahl an gleichzeitig zu übermittelnden Nachrichten pro MHz ermöglicht, als dies bei jeder anderen Übertragungstechnik der Fall ist. Experten sind sich jedoch noch nicht einig wie viel mehr dies sein wird.

Denn während bei TDMA bei maximaler Kapazitätsauslastung kein zusätzlicher Benutzer mehr aufgenommen werden kann da alle Timeslots belegt sind, kann man beim CDMA-Verfahren stets zusätzliche neue Nachrichten in die Kanäle einspeisen, ohne dass es zu einer Überlastung des Systems kommt. Der Grund hierfür ist, dass durch die Spreizung mit verschiedenen orthogonalen Chipsequenzen orthogonale Kanäle entstehen deren Summensignal null ist. Hierbei muss die Orthogonalität nur näherungsweise erreicht werden, wodurch beliebig viele Signale codiert und nach der Übertragung auch wieder decodiert werden können. Aber es gibt eine noch nicht genau bestimmbare Schranke ab der die Qualität der Übertragung leidet, da der beim Empfänger ankommende Rauschpegel so hoch wird, dass das eigentlich zu decodierende Signal überdeckt wird und eine fehlerfreie Übertragung nicht mehr gewährleistet ist.

4.3 Zelleneigenschaften

Moderne Mobilfunknetze bestehen aus Zellen die eine bestimmte Kapazität an Kommunikationskanälen haben und von einer eigenen Bodenstation mit Funksignalen versorgt werden. Je höher die Frequenzen werden, desto kleiner müssen die Zellen geplant werden; je kleiner die Zellen sind, desto mehr Zellen, also Bodenstationen mit Antennen und Verarbeitungselektronik, müssen aufgebaut werden. Da mehr Funkstationen aufgebaut werden müssen bedeuten kleine Zellen zwar eine größere Netzkapazität aber auch größere Investitionskosten für den Netzbetreiber.

Anders als bei GSM besteht ein UMTS-Netz aus mehreren Zellenebenen die voneinander unabhängig sind, separate Eigenschaften haben, unterschiedliche Aufgaben erfüllen und durch den Einsatz unterschiedlicher Frequenzpakete realisiert werden.

Zellenebenen bzw. Zellentypen

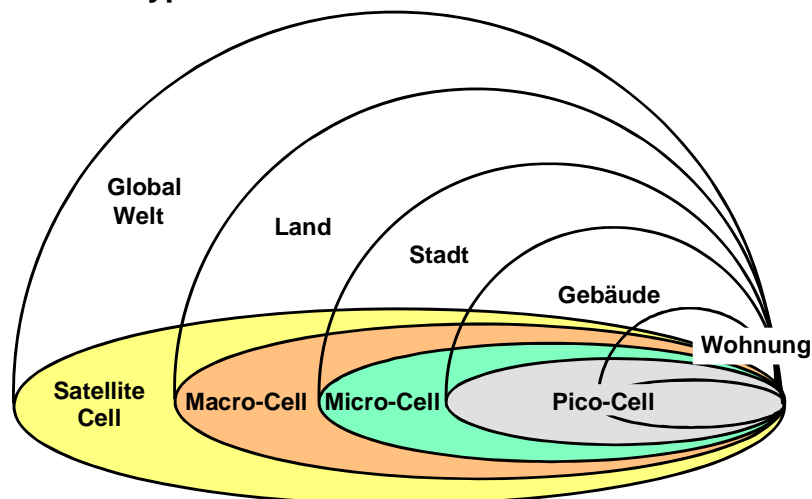


Bild 16 Zellenhierarchie

(14) Man kann folgende Zellentypen bzw. Zellentypen unterscheiden:

- **Worldzelle:**
den IMT-2000-Spezifikationen zufolge muss laut Plan ab 2005 an geographisch entlegenen Plätzen und in schwach besiedelten Gebieten Mobilkommunikation möglich sein. Die Worldzelle wird durch ein eigenständiges Funknetzteil realisiert, das mit dem UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Access Network) nichts zu tun hat.
- **Makrozelle:**
Das Makrozellennetz ist für die flächendeckende Grundversorgung vorgesehen; es besitzt die räumlich größten Zellen mit einer Ausdehnung von etwa 2km, und verwendet ein gepaartes FDD-Band für die Funkübertragung. In Makrozellen ist die größte flächendeckende Datenrate auf 144kbit/s beschränkt. Wenn sich jedoch ein User in der Nähe der Bodenstation befindet, so kann ihm auch höhere Datenraten zugewiesen werden Die Maximalgeschwindigkeit kann 500km/h betragen. Bei GSM gibt es ein Tempolimit von 250km/h, wodurch es in Hochgeschwindigkeitszügen (z.B: IEC) zu Problemen kommen kann. Makrozellen haben die Aufgabe ein Land komplett mit UMTS-Diensten zu versorgen, deren Datengeschwindigkeit aber reduziert sind. Aus regulatorischen Gründen müssen bis 31. Dezember 2003 25%⁹ der Bevölkerung und bis 31. Dezember 2005 sogar 50% der Bevölkerung eine Netzversorgung mit einer Datenrate bis zu 144kbit/s haben, da sonst von den Netzbetreibern Pönale zu bezahlen ist.
- **Mikrozelle:**
Mikrozellen werden in dicht besiedelten Gebieten eingesetzt und haben eine Ausdehnung von etwa 1km. Sie bieten eine flächendeckende Maximaldatenrate von 384kbit/s, wobei in Bodenstationnähe auch mit mehr als 384 kbit/s übertragen werden kann. Mikrozellen bieten zwar eine höhere flächendeckende Maximaldatenrate als die Makrozellen, dafür darf sich der Teilnehmer aber nur mehr mit einer Maximalgeschwindigkeit von 120km/h bewegen, da sonst das System beim Zellenwechsel in den kleineren Zellen nicht mehr mit der Signalisierung nachkommt.
- **Pikozelle:**
sind für den Einsatz in Gebäuden, Firmengebäuden, Fabriken vorgesehen. Sie haben eine Ausdehnung von bis zu 60m und erlauben flächendeckende Datenraten von bis zu 2Mbit/s. Für die Pikozellen wird das ungepaarte Frequenzpaket verwendet, da die Eigenschaften des UTRA-TDD-Standards von UMTS bei kleinen Zellen wesentlich

⁹ die Flächendeckung von 25% wurde von allen Netzbetreibern zeitgerecht erreicht.

besser sind, als bei großen Zellen. Die wichtigsten Bereiche für Pikozenen sind: Flughäfen, Bahnhöfe, Konferenzzentren, Bussinessparks, Börsen usw. Die Maximalgeschwindigkeit der Teilnehmer ist in Pikozenen auf 10km/h beschränkt.

Übertragungsgeschwindigkeiten

Je nach Nutzungsvariante unterscheidet der IMT-2000-Standard drei Übertragungsgeschwindigkeiten, die von der räumlichen Lage des Senders oder Empfängers abhängig sind:

Zelle	Größe	max. Datenrate	max. Geschwindigkeit
Makrozelle	2km	144kbit/s	500km/h
Mikrozelle	1km	384kbit/s	120km/h
Pikozelle	60m	2Mbit/s	10km/h

Tabelle 1 Datenrate in Abhängigkeit vom Zellentyp

Das bei UMTS eingesetzte WCDMA-Multiplexverfahren hat die Eigenschaft, dass die maximal mögliche Datenrate von der Sendeleistung und somit auch von der Entfernung zwischen Handy (UE) und Bodenstation (Node B) abhängt.

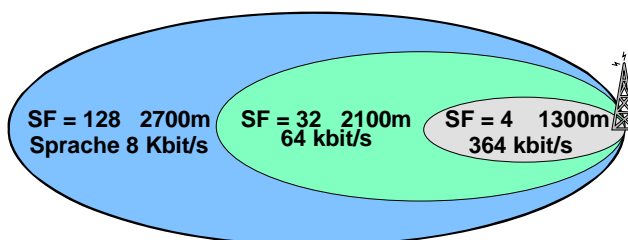


Bild 17 Datenrate in Abhängigkeit von der Entfernung

Je größer die Zelle ist, desto geringer wird die mögliche Datenrate am Rand dieser Zelle, weil z.B. das Handy nicht mehr genügend Sendeleistung zur Verfügung hat, um diese Entfernung bei gleicher Datenrate zu kompensieren. Das einzige, was das Handy bei großen Entfernungen machen kann, ist, dass die Datenrate reduziert wird, wodurch weniger Sendeleistung für diesen Dienst benötigt wird. Eine großzellige Netzebene wird also für einen sich bewegenden Teilnehmer geringere Datenraten beim Durchwandern der Ebene bieten, als eine Ebene mit kleineren Zellen. Andererseits reduziert sich damit aber auch die maximal erlaubte Bewegungsgeschwindigkeit je kleiner die Zelle wird.

Die Zellatmung

(15) Bei GSM Systemen steht jedem Teilnehmer die volle Sendeleistung der Basisstation zur Verfügung. Bei UMTS hingegen teilen sich alle Endgeräte die zur Verfügung stehende Ausgangsleistung der Basisstation.

Da die UMTS-Signale durch einen quasi orthogonalen Scramblingcode kodiert sind werden umso mehr Störinterferenzen erzeugt je mehr Teilnehmer sich in einer Zelle befinden. Wegen der stärkeren Interferenzen muss die Sendeleistung der Handys hinauf geregelt werden. Da aber jedes Handy nur eine begrenzte Sendeleistung hat sinkt die effektive Reichweite zwischen Bodenstation und Handy - die Zelle schrumpft.

Anders schaut es aus, wenn sich wenige Teilnehmer in den Zellen aufhalten. Jetzt gibt es geringe Störinterferenzen durch die "fast"-Orthogonalität des Scramblingcodes, wodurch auch die Sendeleistung (Nutzleistung) des Handys heruntergeregelt werden kann. Denn weniger Störleistung bedeutet, dass das SIR (Nutzsignal zu Störsignal - Verhältnis) größer geworden ist. Um entsprechend dem Quality-of-Service-Wert das indirekt ausgehandelte SIR

wieder einzustellen, kann die Nutzleistung zurückgeregelt werden. Dadurch entsteht wieder etwas Sendeleistungsreserve im Handy und die effektive Zellengröße steigt an. Das folgende Bild zeigt den Effekt der Zellatmung (engl: cell breathing) in Abhängigkeit von der Zellauslastung. Je mehr Teilnehmer in einem Gebiet sind, umso größer steigt die Zellauslastung an.

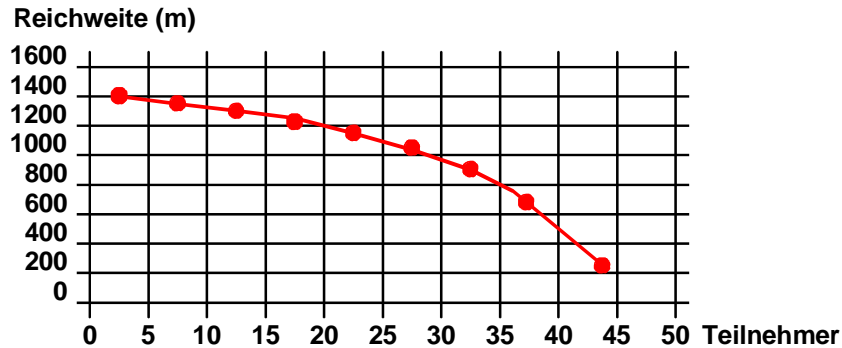


Bild 18 Zellenreichweite als Funktion der Teilnehmerzahl einer Zelle

4.4 Kanalstrukturen

(16) Generell unterscheidet man zwischen logischen Kanälen, Transportkanälen und physikalischen Kanäle.

- logische Kanäle sind die Dienste der *Media Access Control (MAC)* Schicht, sie sind durch die Art der übertragenen Daten gekennzeichnet.
- Transportkanäle sind die Dienste der physikalischen Schicht. Ein Transportkanal ist durch die Parameter der Datenübertragung wie z.B. die Übertragungsrates gekennzeichnet.
- physikalischen Kanäle dienen zur Kommunikation zwischen physikalischen Schichten an der Funkschnittstelle.

Da UMTS unter anderem ein CDMA-System ist, ist der Spreizcode ein wesentliches Kennzeichen eines physikalischen Kanals. Die Konfiguration der physikalischen Schicht und damit auch der physikalischen Kanäle geschieht durch die *Radio Resource Control (RRC)* Schicht, die zu diesem Zweck eine direkte Kommunikationsbeziehung mit der physikalischen Schicht unterhält.

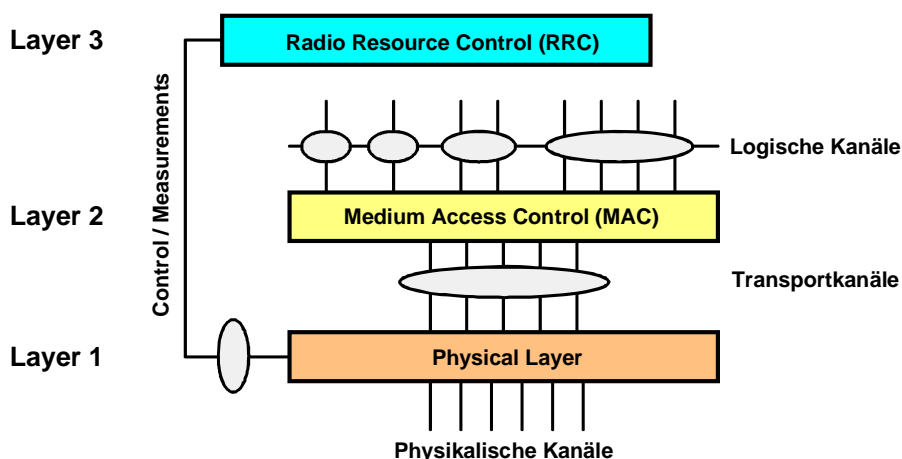


Bild 19 UMTS Kanalstruktur

4.3.1 Logische Kanäle

Während die Transportkanäle durch das wie der Datenübertragung konfiguriert werden, spielen bei den logischen Kanälen die Inhalte eine Rolle. Folgende Typen logischer Kanäle sind vorhanden: sind

- *Dedicated Traffic Channel* (DTCH) zum Transport von Nutzdaten
- *Dedicated Control Channel* (DCCH) zum Transport von Signalisierungsdaten
- *Broadcast Control Channel* (BCCH) zum Ausstrahlen von Systeminformation
- *Common Control Channel* (CCCH) zur Signalisierungsdatenübertragung außerhalb einer bestehenden Verbindung
- *Paging Control Channel* (PCCH) zum Suchen der MU des B-Teilnehmers.

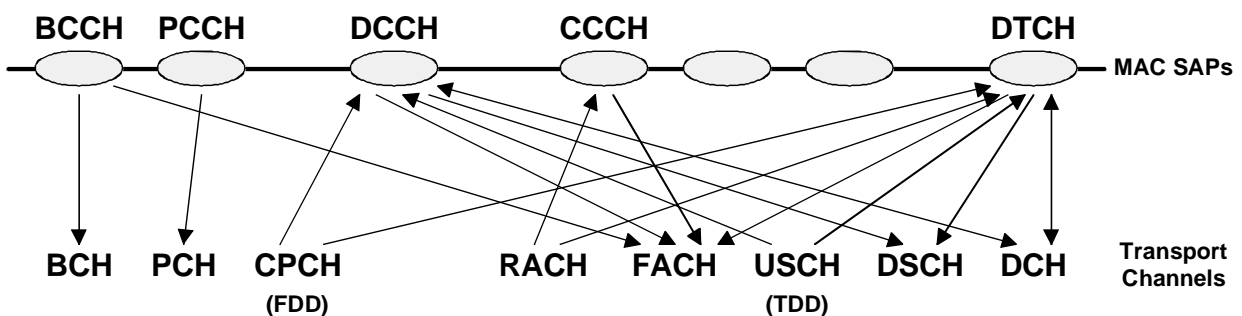


Bild 20 Abbildung logischer Kanäle auf Transportkanäle aus Sicht des UTRAN

Die möglichen Abbildungen logischer Kanäle auf Transportkanäle wird in **Bild 21** aus Sicht des Radio Access Networks RAN dargestellt. Bei logischen Kanälen wie dem *Broadcast Control Channel* (BCCH) und dem *Paging Control Channel* (PCCH) die nur im Downlink existieren ist die Darstellung nur mit einem Pfeil nach unten versehen

Der Nutzdatenkanal DTCH und der Signalisierungskanal *Dedicated Control Channel* (DCCH) können in UMTS über mehrere Transportkanäle wie folgt übertragen werden:

- den dedizierten Transportkanal *Dedicated Channel* (DCH),
- den *Random Access Channel* (RACH) im Uplink und den *Forward Access Channel* (FACH) im Downlink lassen sich kleine Datenpakete effizient und ohne aufwendige Signalisierung übertragen,
- gemeinsam genutzte Kanäle (*Downlink Shared Channel* (DSCH) in Downlink und *Uplink Shared Channel* (USCH) bzw. *Common Packet Channel* (CPCH) im Uplink).

Der *Common Control Channel* (CCCH) dient zur Signalisierung außerhalb einer bestehenden Verbindung und wird über die Transportkanäle RACH und FACH übertragen.

4.3.2 Transportkanäle

An der Schnittstelle zwischen MAC-Schicht und physikalischer Schicht werden Daten über *Transportkanäle* übertragen. Folgend sind einige Transportkanäle – s.h. auch **Bild 20** - angeführt:

- *Random Access Channel* (RACH) über ihn findet der Zufallszugriff statt. Gleichzeitig können über diesen Kanal kleine Mengen Nutzdaten übertragen werden. Der RACH existiert nur in Uplink-Richtung.

- *Paging Channel* (PCH) wird verwendet um eine Mobilstation zu erreichen, die zurzeit keine RRC-Verbindung mit dem RAN unterhält. Die Adresse der Mobilstation wird ein- oder mehrmals ausgerufen. Wenn die Mobilstation die Aufforderung zum Aufbau einer Verbindung empfängt, führt sie über den RACH einen Zufallszugriff durch und baut eine Verbindung auf.
- *Broadcast Channel* (BCH) dient zur Übertragung von Systeminformationen. Diese werden in der RRC-Schicht festgelegt und an die RLC-Schicht zur Übertragung übergeben. Danach fließen sie im Downlink über den logischen Kanal *Broadcast Control Channel* (BCCH) an die MAC-Schicht weiter und von dort über den BCH an die physikalische Schicht. Hier werden die Daten über die entsprechenden physikalischen Kanäle ausgestrahlt. In der Mobilstation ist der Ablauf genau umgekehrt: Hier werden die Daten von der physikalischen Schicht über die MAC- und RLC-Schichten an die RRC-Schicht übergeben.
- *Downlink Shared Channel* (DSCH) kann von mehreren Mobilstationen gemeinsam genutzt werden. Damit klar ist, für wen der Verkehr, der über diese Kanäle übertragen wird, bestimmt ist, wird ein *Radio Network Temporary Identifier* (RNTI) mit übertragen.
- *Uplink Shared Channel* (USCH) wird wie der DSCH verwendet.
- *Dedicated Channel* (DCH) für die normale Übertragung von Nutz- und Signalisierungsdaten. Dieser Kanal kann sowohl im Uplink als auch im Downlink eingerichtet sein. Da in diesem Fall Sender und Empfänger feststehen, muss keine weitere Adressierung innerhalb der Verbindung durchgeführt werden.

Transportformate

Da die Funkschnittstelle ein hohes Maß an Flexibilität besitzt wird in der Regel zwischen MAC-Schicht und PHY-Schicht nicht nur ein Transportkanal eingerichtet sondern mehrere.

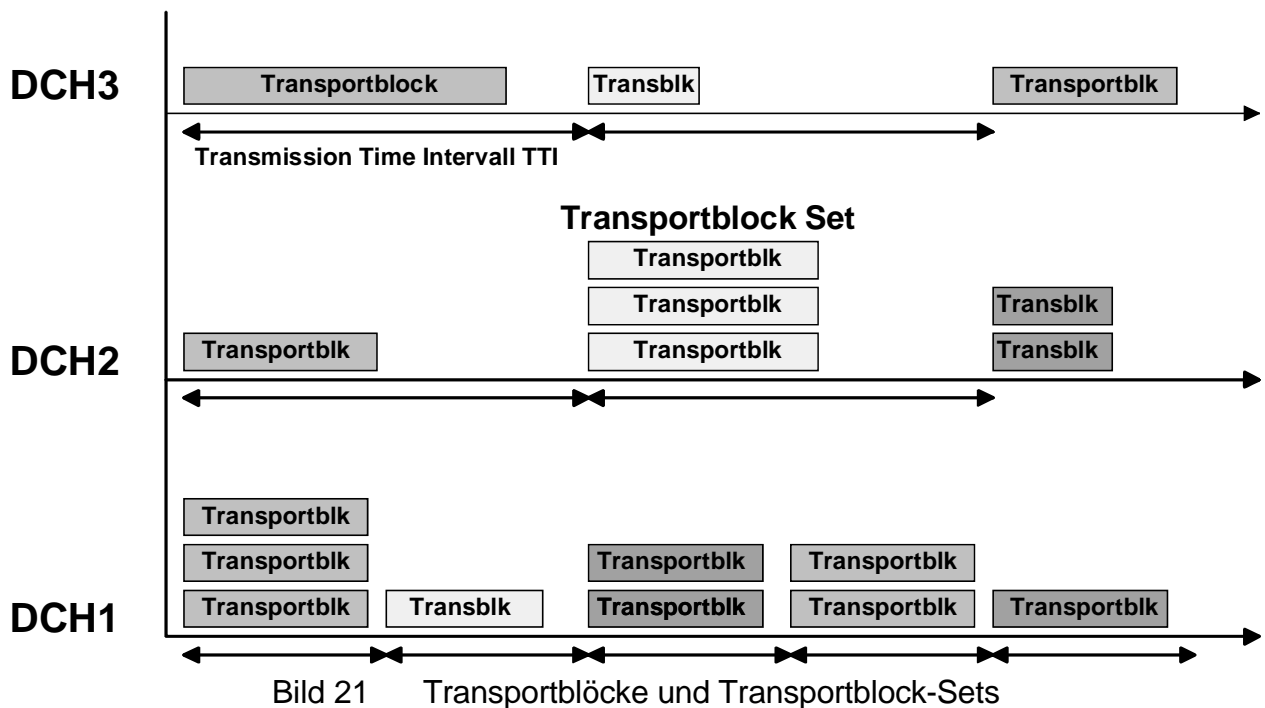


Bild 21 zeigt drei eingerichtete DCH-Verbindungen zwischen MAC- und physikalischer Schicht. Über den Kanal DCH1 werden beispielsweise Sprachdaten übertragen, während DCH2 die dazugehörigen Videodaten überträgt. DCH3 schließlich wird für die Übertragung von Signalisierungsdaten genutzt. Diese verschiedenen Anwendungen erwarten unterschiedliche Dienstgüte von der physikalischen Schicht.

Ein Datenpaket das über einen Transportkanal übertragen wird, nennt man Transportblock. Da zu einem Zeitpunkt mehrere dieser Blöcke gleichzeitig übertragen werden können, bildet sich das Transport Block Set. Dieses Set wird durch ein Transportformat beschrieben, das aus einer Gruppe von erlaubten Transportformaten ausgewählt wurde. Diese Gruppe nennt man Transportformat Set.

Transportformate sind nicht beliebig miteinander kombinierbar. Angenommen, man garantiert einer Anwendung, die über einen Transportkanal Daten überträgt, eine hohe maximale Datenrate, indem man ein bestimmtes Transportformat in das zugehörige Transportformat Set aufnimmt. Dann kann man das gleiche Versprechen für diesen Zeitpunkt nicht einer zweiten Anwendung geben, die einen anderen Transportkanal nutzt. Die verschiedenen Transportformate, die zu einem bestimmten Zeitpunkt von den verschiedenen Transportkanälen verwendet werden, sind nicht immer kompatibel weil die verfügbaren Ressourcen limitiert sind.

In *Transport Format Combination Sets (TFCs)* werden mehrere kompatible Transportformat-Kombinationen zusammengefasst die festlegen, dass zu einem bestimmten Zeitpunkt, wenn der Transportkanal 1 80% der Ressourcen benötigt, die anderen beiden Transportkanäle 2 und 3 gemeinsam maximal die verbleibenden 20% nutzen können.

4.3.3 Physikalische Kanäle

(17) Im FDD-Modus¹⁰ ist ein physikalischer Kanal durch den Spreizcode und durch den Frequenzkanal gekennzeichnet. Im FDD UL werden physikalische Kanäle zusätzlich auch durch die Phasenlage des Trägersignals unterschieden, physikalische Kanäle verwenden daher entweder eine Kosinus- oder eine Sinus-Schwingung als Trägersignal. Dies wird dadurch realisiert, dass über den einen Zweig der QPSK-Modulation ein anderer physikalischer Kanal übertragen wird als über den anderen Zweig. Man spricht daher auch davon, dass im Uplink des FDD-Modus eine BPSK Modulation zum Einsatz kommt, was richtig ist, wenn man sich nur auf einen physikalischen Kanal bezieht.

Man unterscheidet allgemein zwischen

- *dedicated physical channels* (dedizierten physikalischen Kanälen) die von einer Verbindung exklusiv genutzt werden und beim Verbindungsaufbau und ggf. während der Verbindung neu zugewiesen werden, und
- *common physical channels* (gemeinsamen physikalischen Kanälen) die von mehreren Verbindungen gleichzeitig oder abwechselnd genutzt werden. Systeminformationen, die jede Basisstation aussendet, werden beispielsweise über gemeinsame physikalische Kanäle übertragen, die jede Mobilstation empfangen kann. Weiterhin gibt es beispielsweise gemeinsame physikalische Kanäle, die zur Paketdaten-Übertragung dienen. Die Verwendung eines gemeinsamen Kanals erfordert immer eine gesonderte Adressierung zur Identifikation von Sender und Empfänger.

Neben den physikalischen Kanälen existieren im FDD-Modus noch so genannte Indikatoren. Dies sind ein- oder Zwei-Bit-Nachrichten, die mit einer Codesequenz gespreizt und zu einem bestimmten Zeitpunkt übertragen werden. Indikatoren dienen zum Benachrichtigen und zum Anzeigen bestimmter Ereignisse. So wird z.B. das Rufen eines Teilnehmers (Paging) über einen Indikator realisiert. Indikator-Kanäle unterliegen im Allgemeinen einer anderen zeitlichen Struktur als die dedizierten physikalischen Kanäle mit 10 ms langen Zeitrahmen zu je 15 Zeitschlitzten.

Man unterscheidet folgende physikalischen Kanäle¹¹:

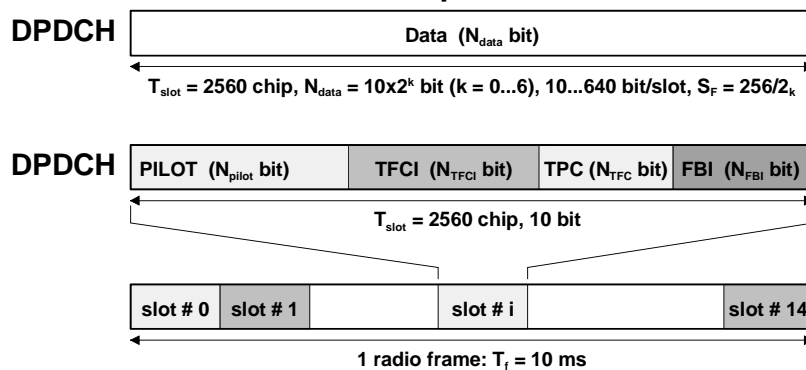
- *Uplink Dedicated Physical Data Channel* (DPDCH) existiert nur im Uplink und dient zur Übertragung von Nutz- und Signalisierungsdaten aus höheren Schichten. Eine Schicht-1-Verbindung hat keinen, einen oder mehrere DPDCH.
- *Dedicated Physical Control Channel* (DPCCH) ist ein physikalischer Kanal zur Steuerung der Datenübertragung zwischen Partnerinstanzen der physikalischen Schicht für die Aufwärtsstrecke. Über ihn werden ausschließlich Informationen der physikalischen Schicht, z.B. Leistungssteuerungs-Kommandos, Transportformat-Indikatoren oder Pilot-Bits übertragen. Zu jeder Schicht-1-Verbindung gehört genau ein DPCCH.
- *Dedicated Physical Channel* (DPCH) realisiert die Downlink-Funktion des DPDCH und DPCCH in einem physikalischen Kanal.
- *Physical Random Access Channel* (PRACH) über ihn werden Nachrichten des Zufallszugriffskanals (BACH) übertragen. Der BACH kann dabei sowohl zum Rufaufbau als auch zur Übertragung von kleinen Datenpaketen verwendet werden.

¹⁰ Im TDD-Modus ist ein physikalischer Kanal durch den Spreizcode, einen Zeitschlitz und durch den Frequenzkanal bestimmt.

¹¹ nicht jeder Transportkanal kann auf jeden physikalischen Kanal abgebildet werden

- *Physical Common Packet Channel (PCPCH)* über ihn werden nach einem *Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD)*-Verfahren Paketdaten des CPCH übertragen.
- *Common Pilot Channel (CPICH)* dient zur Unterstützung der Makrodiversität auf der Abwärtsstrecke.
- *Common Control Physical Channel (CCPCH)* über ihn werden auf der Abwärtsstrecke Verteildienste realisiert. Der CCPCH teilt sich in zwei Unterkanäle auf. Über den *Primary Common Control Physical Channel (P-CCPCH)* werden die Informationen des BCH übertragen, auf den *Secondary Common Control Physical Channel (S-CCPCH)* werden FACH und PCH abgebildet.
- *Synchronisation Channel (SCH)* ist ein Kanal der Abwärtsstrecke und dient der Zellsuche und der Synchronisation der Mobilstationen. Er ist in zwei Unterkanäle, den *Primary Synchronization Channel (P-SCH)* und den *Secondary Synchronization Channel (S-SCH)* unterteilt, die bei der Zellsuche Verwendung finden.
- *Physical Downlink Shared Channel (PDSCH)* dient zur Übertragung von Daten über den DSCH auf der Abwärtsstrecke. Dem PDSCH ist immer ein DPCH zugeordnet. Mehrere Mobilstationen teilen sich diesen Kanal.

Struktur der physikalischen Kanäle im FDD Uplink



TFCl: Transport Format Combination Identifier FBI: Feedback Information
 TPC: Transmitter Power Control

Bild 22 Struktur dedizierter Kanäle im Uplink

Ein Burst hat die Länge von 2560 Chip, entsprechend 10/15 ms. Damit passen genau 15 Bursts in einen Zeitrahmen. Da ein Zeitrahmen im FDD Uplink immer gefüllt ist, werden auch immer 15 Bursts pro Rahmen kontinuierlich, d.h. ohne Schutzzeit übertragen. Der DPDCH trägt nur codierte und verschachtelte Nutzdaten höherer Schichten, je nach Spreizfaktor 10 Bit bis 640 Bit pro Burst. Damit kann ein DPDCH in 10 ms maximal 9600 Bit übertragen, das entspricht einer Übertragungsrate von 960 kbit/s bei einem minimalen Spreizfaktor von vier. Der DPCCH trägt ausschließlich Signalisierung zwischen der physikalischen Schicht in der Mobilstation und der physikalischen Schicht der Basisstation. Der Spreizfaktor des DPCCH ist immer 256, d.h. ein DPCCH Burst trägt genau 10 Bit.

Jeder Burst enthält eine Anzahl von Pilotbits, die der Kanalschätzung dienen. Weiterhin wird der Transport Format Combination Identifier (TFCl) übertragen, der die Transportformate der auf dem DPDCH gemultiplexten Transportkanäle anzeigt. Mit dieser Information ist es der physikalischen Schicht auf der Empfängerseite möglich, aus dem Datenstrom des physikalischen Kanals die Transportblöcke der einzelnen Transportkanäle wieder herzustellen. Das *Feedback Information (FBI)* Feld dient zur Signalisierung im Soft-Handover Fall und das *Transmitter Power Control (TPC)* Feld trägt ein Leistungssteuerungskommando (Leistung erhöhen, halten oder senken). Es gibt sechs verschiedene mögliche Konfigurationen des DPCCH Bursts, die sich in der Länge der einzelnen Felder unterscheiden. Der TFCl ist bei-

spielsweise für die Dauer eines gesamten Rahmens gültig und muss daher nur einmal in 10 ms übertragen werden.

Zu jeder Verbindung auf der Aufwärtsstrecke gehört genau ein DPCCH. Zur Übertragung können ein oder gleichzeitig mehrere DPDCH verwendet werden. Der DPCCH hat immer den Spreizfaktor 256 und wird immer über den Quadraturzweig der Modulation übertragen. Werden mehr als ein DPDCH parallel genutzt, müssen alle DPDCH denselben Spreizfaktor zwischen vier und 256 haben, wobei maximal sechs DPDCH parallel übertragen werden können. Dabei werden die DPDCH möglichst gleichmäßig auf Inphase- und Quadraturzweig verteilt.

Struktur der physikalischen Kanäle im FDD Downlink

Auf der Abwärtsstrecke werden physikalische Kanäle nicht durch die Phase der Träger-schwingung getrennt. Schicht-1- und Schicht-2-Informationen, auf der Aufwärtsstrecke abgebildet auf DPDCH und DPCCH, werden daher auf der Abwärtsstrecke im Zeitmultiplex übertragen. Es existiert nur ein dedizierter Kanal, der *Dedicated Physical Channel* (DPCH), der die Aufgaben des DPDCH und des DPCCH übernimmt.

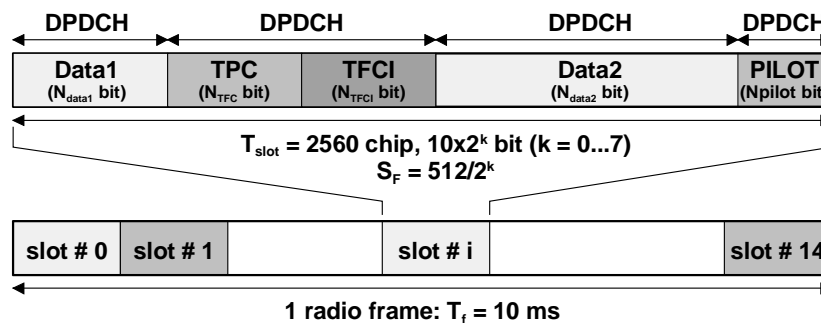


Bild 23 Struktur dedizierter physikalischer Kanäle im Downlink

Ein Burst enthält 2560 Chips, entsprechend einer Dauer von 10/15 ms. Die Anzahl der Bits pro Burst ist durch den Spreizfaktor bestimmt, der zwischen vier und 512 liegen darf. Die beiden Datenfelder des DPCH Bursts tragen die Informationen höherer Schichten, die übrigen Felder, also TPC, TFCI und Pilot, dienen der Kommunikation der physikalischen Schichten, äquivalent zum DPCCH im Uplink.

Die Größe der einzelnen DPCH Burst Felder ist variabel, insgesamt gibt es 17 verschiedene mögliche Burstkonfigurationen. Welche Burstkonfiguration verwendet wird, muss beim Verbindungsaufbau ausgehandelt werden und kann während der Verbindung neu verhandelt werden. Das TFCI Feld trägt die Information über die Transportformate der auf den DPCH gemultiplexten Transportblöcke.

Der physikalische Zufallszugriffskanal

(18) Der *Physical Random Access Channel* (PRACH) dient dem Zufallszugriff im Uplink. Zufallszugriffe können zu definierten Zeitpunkten, in so genannten Zugriffs-Zeitschlitzen (*access slots*), stattfinden. Ein *access slot* entspricht der Dauer von 5120 Chips, das heißt, ein Zugriffs-Zeitschlitz ist doppelt so lang wie ein normaler Zeitschlitz, beispielsweise für einen DPDCH Burst. Innerhalb von 20 ms existieren 15 Zugriffs-Zeitschlitze, die je einen Zugriffskanal (*Access Channel*) definieren (sh. Bild 24).

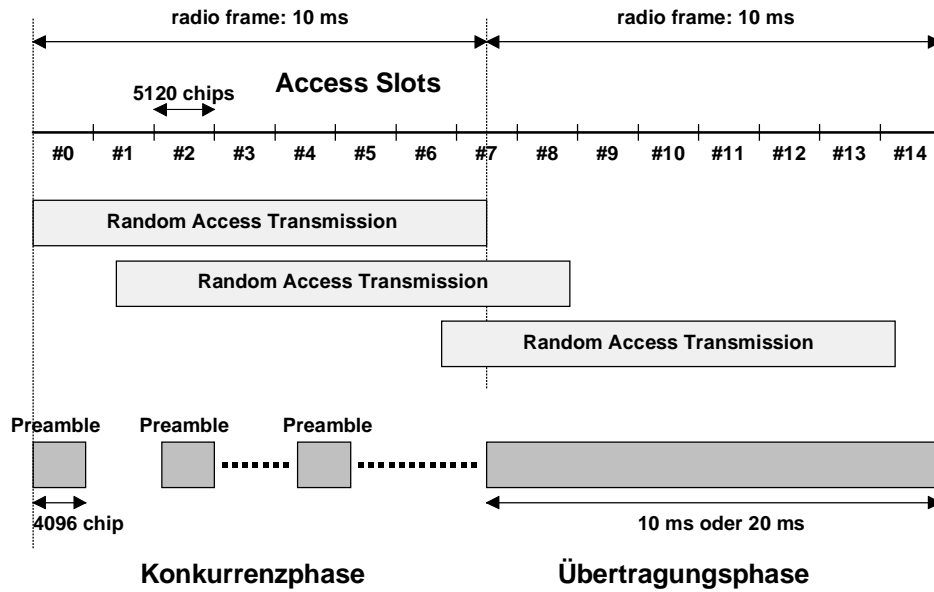


Bild 24 Zeitstruktur des physikalischen Zufallszugriffs-Kanals

Der Zufallszugriff teilt sich in eine Konkurrenzphase und eine Übertragungsphase auf. In der Konkurrenzphase greifen die Mobilstationen nach einem Slotted ALOHA Verfahren innerhalb eines Zugriffs-Zeitschlitzes durch Senden einer Codesequenz, der so genannten Präambel, auf den Kanal zu. Es gibt pro access slot 16 verschiedene Präambel-Codesequenzen zu je 4096 Chips, mit denen Mobilstationen kollisionsfrei zugreifen können. Pro access slot stehen daher 16 parallele Zugriffskanäle zur Verfügung.

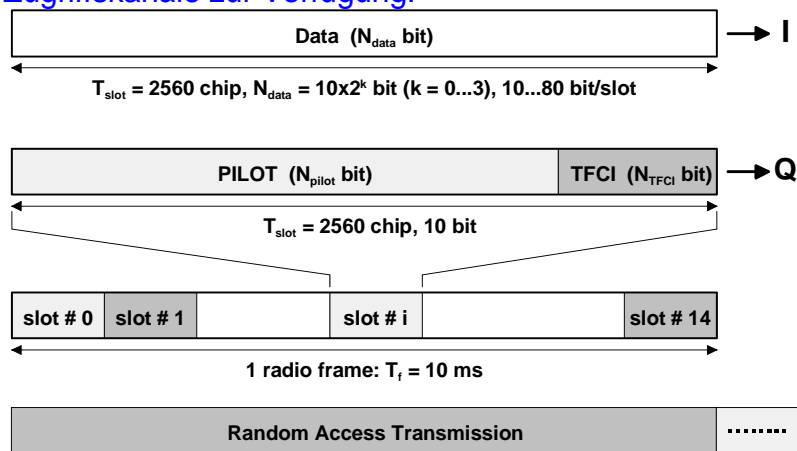


Bild 25 Zeit- und Burststruktur bei der Datenübertragung über den PRACH

Eine Mobilstation, die auf den Kanal zugreifen möchte, wählt einen verfügbaren access slot und dann eine der 16 Präambel Sequenzen aus. Anschließend wird die Präambel mit einer niedrigen Sendeleistung übertragen und auf eine Quittung gewartet, die über den Acquisition Indication Channel (AICH) empfangen wird. Bleibt die Quittung von der Basisstation aus oder empfängt die Mobilstation eine negative Quittung, so wählt sie einen neuen access slot und eine neue Präambel und überträgt diese mit einer etwas höheren Sendeleistung. Dies wird bis zum Erreichen einer Maximalzahl von Versuchen so lange wiederholt, bis eine positive Quittung empfangen wird.

Im Falle einer erfolgreichen Konkurrenzphase, d.h. einer positiven Quittung, überträgt die Mobilstation mit einer Verzögerung von drei oder vier Zeitschlitzes ihre Zufallszugriffs-Nachricht, die 10 ms oder 20 ms lang sein darf. Wie bei der Datenübertragung über den DPDCH werden je 15 Bursts in 10 ms übertragen. Der minimale Spreizfaktor beträgt 32, so dass pro Burst maximal 80 Bit übertragen werden können. Bei einer Nachrichtenlänge von 20 ms werden also insgesamt maximal 2400 Bit (brutto) übertragen.

5 UMTS spezifische Abläufe

5.1 Zellsuche

(19) Nach dem Einschalten sucht eine Mobilstation nach verfügbaren Zellen ihres Heimatnetzes bzw. eines Roaming Netzes. Die Zellsuche und Synchronisation erfolgt in drei Schritten:

- Zunächst synchronisiert sich die Mobilstation mit Hilfe des *Primary Synchronization Code (PSC)* des *Primary Synchronization Channel (P-SCH)* einer Basisstation auf die Zeitschlitzstruktur in der betreffenden Zelle. Der PSC ist ein Code von 256 Chips Länge und ist in allen Zellen gleich, so dass er mit einem einfachen signalangepassten Filter detektiert werden kann, an dessen Ausgang die Spitzenwerte der Korrelationsfunktionen die Zeitschlitzstruktur wieder spiegeln.
- Im zweiten Schritt verwendet die Mobilstation den *Secondary Synchronization Code (SSC)* des *Secondary Synchronization Channel (S-SCH)* um die in der betreffenden Zelle verwendete Gruppe von Verwürfelungscodes zu bestimmen.
- Danach versucht die Mobilstation in einem dritten Schritt, den CPICH zu decodieren, indem sie alle möglichen Verwürfelungscodes der Gruppe ausprobiert. Ist der richtige Code gefunden, können die von der Basisstation über den P-CCPCH ausgesendeten Systeminformationen von der Mobilstation decodiert werden.

5.2 Authentifizierung

(20) Bei GSM wurde mit der Authentifizierung die Identität des Teilnehmers gegenüber dem Netzbetreiber sichergestellt. Diese Prozedur hatte jedoch den Nachteil, dass nur die Teilnehmeridentität überprüft wurde, nicht aber die Identität des Netzbetreibers. Dadurch ist es bei GSM beispielsweise möglich, sich mit einem sog. "IMSI-Catcher" fälschlicherweise als Netzbetreiber auszugeben und so heikle Daten aus der SIM-Karte abzugeben. Mit diesen Daten ist es z.B. möglich eine neue SIM-Karte zu produzieren, mit der man dann auf Kosten anderer Teilnehmer telefonieren kann.

Aus diesem Grund wurde bei UMTS das sog. Authentication Token (AUTN) eingeführt, mit dem das Handy eines Teilnehmers feststellen kann, ob es sich wirklich um den gewünschten Netzbetreiber handelt. Nur wenn das AUTN gültig ist, werden die weiteren Authentisierungs- und Verschlüsselungsprozeduren weitergeführt. Stimmt das AUTN nicht, wird die Kommunikation sofort abgebrochen und keine RES über die Funkschnittstelle zurückgeschickt. Ein Hacker hat damit keine Chance, den geheimen Teilnehmer-Identitätsschlüssel zu rekonstruieren, der nur auf der USIM-Karte und im AC (Authentication Center) abgelegt ist und niemals transportiert wird.

Ein Sicherheitsdatensatz von UMTS besteht aus folgenden fünf Werten, während es bei GSM nur drei Werte pro Datensatz gegeben hat:

- AUTN - Authentication Token
- RAND – Zufallszahl, auch bei GSM
- XRES - Expected Response, entspricht SRES bei GSM
- CK - Ciphering Key (Verschlüsselung), entspricht Kc bei GSM
- IK - Integrity Key zur Überprüfung der Datenintegrität

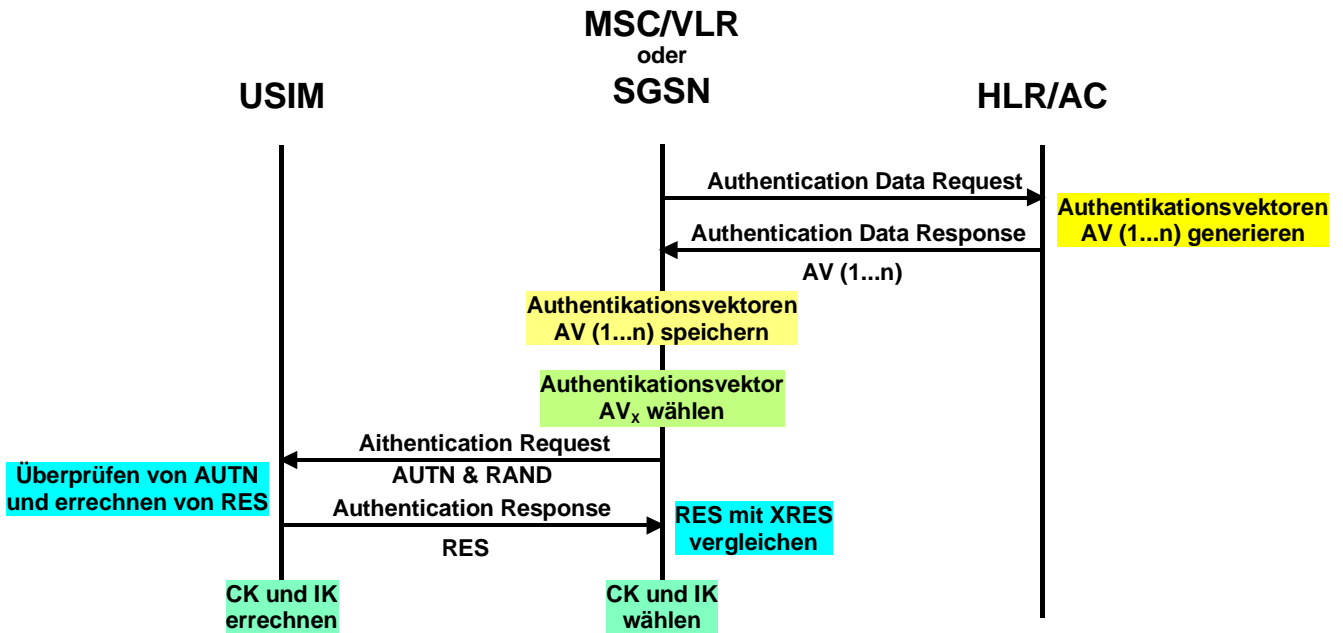


Bild 26 Authentifizierungsablauf

- Für leitungsorientierte Dienste fordert das VLR, für paketorientierte Dienste der SGSN die Generierung neuer Sicherheitsdatensätze vom HLR. Das HLR gibt diesen Authentication Data Request an das ihm angeschlossene AC weiter, welches mit einem Zufallszahlengenerator die Zahl RAND erzeugt.
- Die RAND und der teilnehmerindividuelle Schlüssel K werden gemeinsam mit den Funktionen f_2 , f_3 und f_4 dazu verwendet um die drei Datensätze XRES, CK und IK zu erzeugen.
- Das AUTN ist ein Vektor, der aus 3 Werten SQN', AMF und MAC besteht die wie folgt gebildet werden:
 - das AC generiert neben der RAND eine teilnehmerspezifische SeQuenzNummer SQN, welche im ersten Schritt mit der RAND, dem teilnehmerindividuellen Schlüssel K, der Authentication and key Management Field-Funktion AFM und der Funktion f_1 verknüpft wird und den Message Authentication Code MAC ergibt.
 - In einem weiteren Schritt wird aus der RAND, dem teilnehmerindividuellen Schlüssel K und der Funktion f_5 der Anonymity Key AK erzeugt, der mit der SQN verknüpft die SQN' ergibt. Dieser Schritt ist erforderlich da die SQN aus der teilnehmerindividuelle SQNHE (SeQuenz Nummer Home Environment) z.B. durch inkrementieren gebildet wird und einen Rückschluss auf die Teilnehmeridentität erlaubt.
- Für die Durchführung der Authentifizierung werden AUTN und die RAND über die Luftschnittstelle zur MS übertragen. Die USIM verifiziert zunächst das AUTN, um sicherzustellen, dass die Daten auch vom "richtigen" (nicht falsch ausgegebenen) Netzbetreiber stammen. Stimmt das AUTN mit den Systemberechnungen der Mobile Station überein, so wird die RAND zusammen mit dem auf der SIM-Karte gespeicherten Sicherheitsschlüssel K an die Funktion "f2" als Eingangsparameter angelegt und der Wert RES (Response) gebildet.
- Die RES wird über die Luftschnittstelle zum VLR übertragen welches RES und XRES miteinander vergleicht. Stimmen beide Werte überein, so kann der Netzbetreiber davon ausgehen, dass die Identität des Teilnehmers stimmt und der Dienst somit durchgestellt werden darf.

5.2.1 Verschlüsselung und Datenintegrität

Nachdem der Teilnehmer authentifiziert ist, wird die Verschlüsselung der Datenübertragung über die Luftschnittstelle gestartet. Dazu wird der im Sicherheitsdatensatz des VLR bzw. des SGSN vorhandene "Ciphering Key" CK verwendet, welcher von der USIM auf gleiche Weise wie im AC errechnet wird.

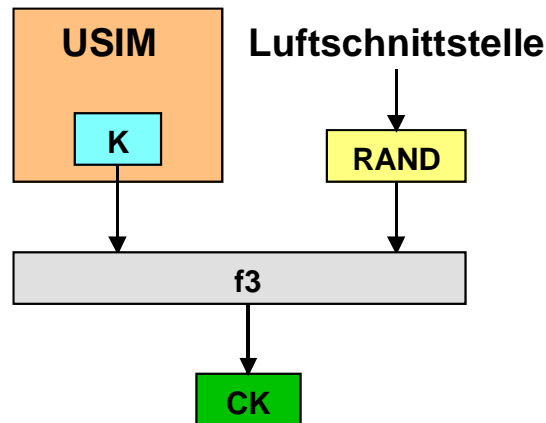


Bild 27 Errechnen des Ciphering Key CK durch die USIM

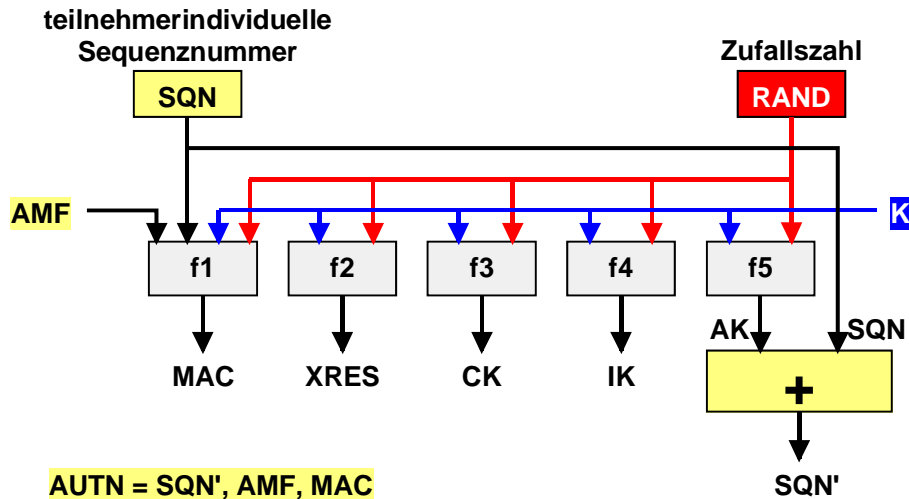
Anschließend wird von der USIM für die Überprüfung der Datenintegrität mit Hilfe der "f4"-Funktion der IK (Integrity Key) erzeugt. Dazu wird die RAND und der teilnehmerindividuelle Schlüssel K an die "f4"-Funktion als Eingangsparameter angelegt und IK als Ausgangsgröße gewonnen. Dadurch ist es dem UMTS-Funknetz möglich festzustellen, ob die Integrität der Daten gewährleistet ist.

5.2.2 Authentication Token - AUTN

Da es bei GSM möglich ist sich mit einem sog. "IMSI-Catcher" fälschlicherweise als Netzbetreiber auszugeben und so Daten aus der SIM-Karte zu kopieren mit denen es z.B. möglich ist in betrügerischer Absicht eine neue SIM-Karte zu produzieren, wurde bei UMTS das sog. Authentication Token – AUTN eingeführt.

Das AUTN ist ein Vektor, der aus den 3 Werten SQN', AMF und MAC besteht die im AC wie folgt gebildet werden:

- das AC generiert neben der RAND eine teilnehmerspezifische SeQuenzNummer SQN, welche im ersten Schritt mit der RAND, dem teilnehmerindividuellen Schlüssel K, der Authentication and key Management Field-Funktion AFM und der Funktion f_1 verknüpft wird und den Message Authentication Code MAC ergibt.
- In einem weiteren Schritt wird aus der RAND, dem teilnehmerindividuellen Schlüssel K und der Funktion f_5 der Anonymity Key AK erzeugt, der mit der SQN verknüpft die SQN' ergibt. Dieser Schritt ist erforderlich da die SQN aus der teilnehmerindividuelle SQNHE (SeQuenz Number Home Environment) z.B. durch Inkrementieren gebildet wird und einen Rückschluss auf die Teilnehmeridentität erlaubt.



AMF: Authentication and key Management Field MAC: Message Authentication Code AK: Anonymity Key

Bild 28 Generierung des AUTN-Vektors im AuC

Zur Auswertung des AUTN in der MS wird zunächst mit Hilfe der f5-Funktion und deren Parametrisierung durch K, RAND, SQN, AMF der XMAC (Expected Message Authentication Code) generiert und mit dem MAC des empfangenen AUTN verglichen. Sollte XMAC und MAC verschieden sein, so sendet das Handy eine User-Authentication-Reject-Nachricht an das UMTS-Netz mit einer Beschreibung des Fehlers zurück und bricht die Prozedur der Authentisierung ab.

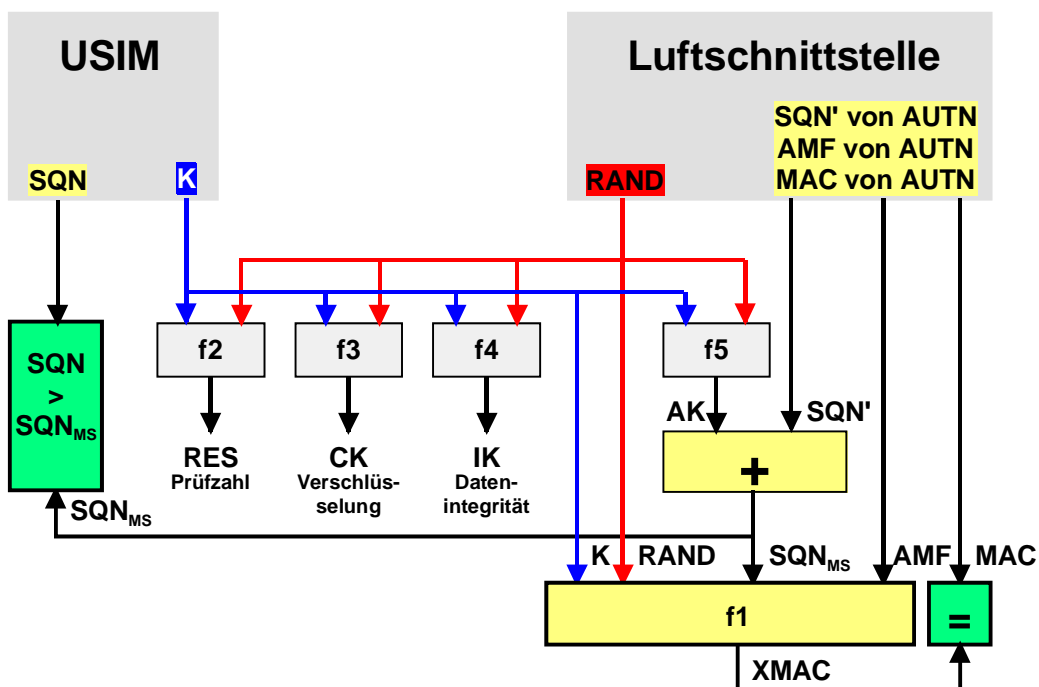


Bild 29 Auswertung des AUTN in der MS

Als nächstes verifiziert die MS die zuvor aus AK gewonnene SQN, ob sie im korrekten Wertebereich liegt. Dazu speichert die USIM-Karte die SQN_{MS}-Nummer, um sie mit der aus dem AUTN abgeleiteten SQN zu vergleichen. Dabei muss das neu generierte SQN größer (außer es wurde ein alternatives Verfahren verwendet) sein als das in der USIM-Karte gespeicherte SQN_{MS}. Ist dies der Fall, so wird SQN_{MS} auf der USIM-Karte auf den Wert von SQN gesetzt. Ist die Überprüfung SQN > SQN_{MS} nicht erfolgreich, so sendet die MS eine Synchronisation-Failure-Nachricht an das UMTS-Netz und bricht die Prozedur ebenfalls ab.

5.3 Verbindungsaufbau

5.3.1 Mobile Originated Call MOC

- **(21)** Die Mobilstation schickt über ihren Node b und den zugehörigen Radio Network Controller RNC ein Connection Management Service Request (CM-Dienstsanfrage) an das zuständige MSC; wobei die Art des gewünschten Dienstes jedoch noch nicht mitgeteilt wird.
- Das MSC stellt darauf einen Process Access Request (Prozess-Zugriffsanfrage) an das VLR um das für die Authentifizierung, Verschlüsselung und die Integritätsprüfung erforderliche teilnehmerspezifische Sicherheits-Quintett zu bekommen. Das Sicherheits-Quintett besteht aus:
 - AUTN (Authentication Token) welches dazu dient, dass sich der Netzbetreiber gegenüber dem Teilnehmer authentifizieren kann.
 - RAND Zufallszahl wie bei GSM
 - XRES Expected Response - entspricht SRES bei GSM
 - CK Ciphering Key für die Verschlüsselung – entspricht Kc bei GSM
 - für die Prüfung der Datenintegrität
- Mit dem Authentication Request werden RAND und AUTN vom VLR zur USIM übertragen. Die USIM errechnet CK (Ciphering Key), IK (Integrity Key) und RES (Response), und überträgt letztere in der Quittung Authentication Response zum VLR. Das VLR vergleicht nun die RES mit der XRES; sind beide ident ist der Teilnehmer zu Benutzung des Netzes berechtigt.

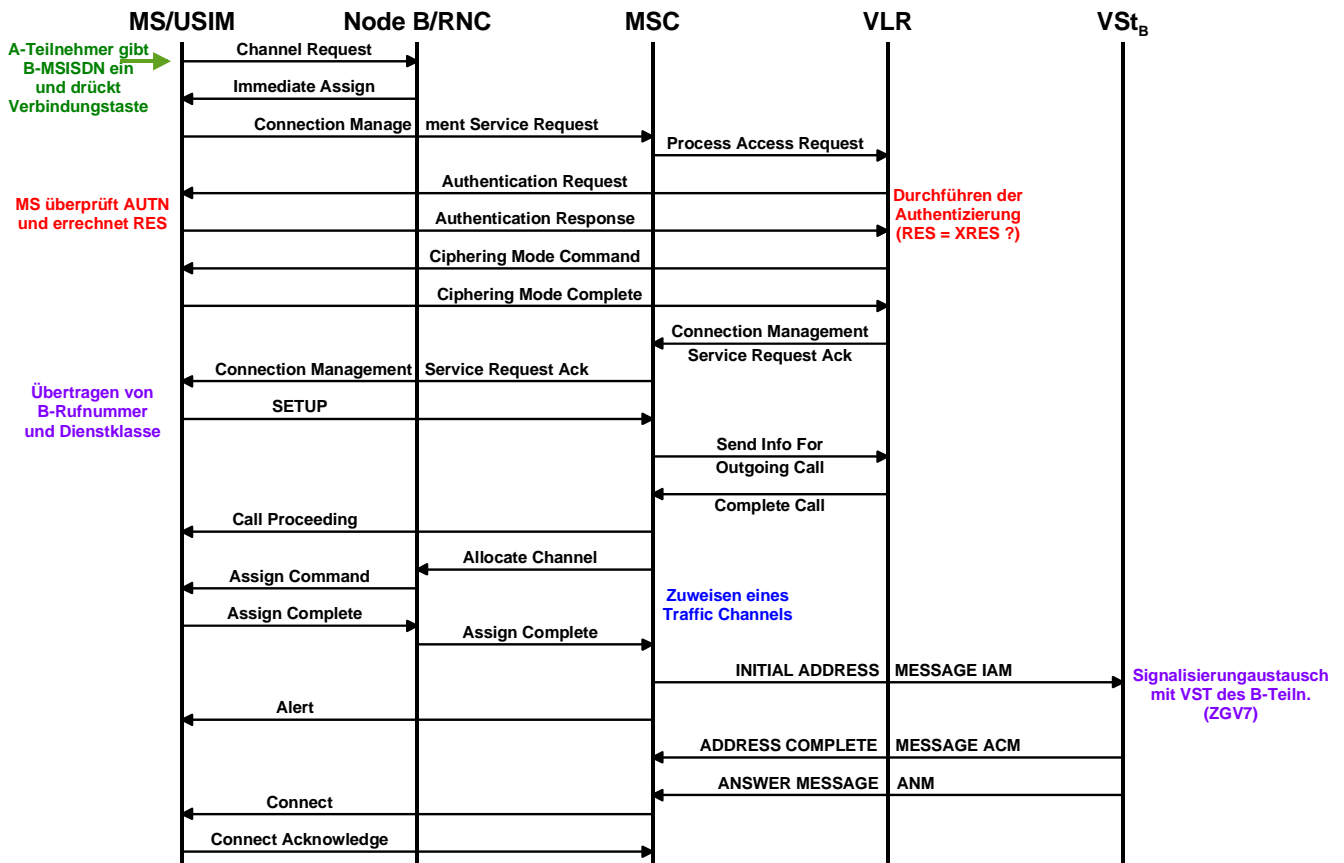


Bild 30 Signalisierungsablauf für eine Aktivverbindung

- Bei Bedarf erfolgt anschließend an die Authentifizierung, solange noch kein anderer Dienst aktiv läuft¹², die Generierung der Datenverschlüsselungs-Schlüssel.
- Nach Durchführung der Authentifizierung und Generierung der Datenverschlüsselungs-Schlüssel quittiert das VLR mit Process Access Request Ack den vom MSC eingangs gestellte Process Access Request (Prozess-Zugriffsanfrage). Mit dem Connection Management Service Request Ack teilt das MSC der MS mit, dass das Netz bereit ist und mit dem Verbindungsaufbau begonnen werden kann.
- Mit SETUP teilt die Mobilstation dem MSC den gewünschten Basisdienst, die B-Rufnummer und die Dienstklasse mit, damit das Netz weiß, welche Kapazitäten und QoS-Profile reserviert werden müssen. Das MSC gibt diese Daten mit SIFOC (Send Info For Outgoing Call) an das VLR weiter welches den Datenempfang mit Complete Call quittiert.
- Mit Call Proceeding wird der MS mitgeteilt, dass mit dem Verbindungsaufbau begonnen wurde, d.h. dass der Dienst akzeptiert wurde und welche Eigenschaften der Übertragungskanal bzw. der Träger für den gewünschten Dienst haben muss
- Die MSC beauftragt den RNC mit Allocate Channel eine Transportkanal-Zuordnung durchzuführen und die Dienstmerkmale, wie z.B. Delay, Datenrate oder Datenschutz festzulegen.
- Mit Assign Command werden der MS u.a. Spreizcode und Scramblingcode mitgeteilt, die notwendig sind, um einen WCDMA-Funkkanal für den Datenaustausch aufbauen zu können.
- Die MS bestätigt dem RNC die Funkkanalzuweisung mit Assign Complete - erst jetzt verfügt die MS über eine ihr zugeordnete Funkressource, über die kommuniziert werden kann. Der RNC quittiert dem MSC mit Assign Complete, dass die Funkkanalzuweisung abgeschlossen ist.
- Mit den ISUP-Nachrichten IAM, ACM und ANM wird die Verbindung zum B-Teilnehmer aufgebaut and durchgeschaltet.

5.3.2 Mobile Terminated Call MTC

(22) Um eine Verbindung zu einem Mobilteilnehmer aufbauen zu können, unabhängig davon wo sich dieser gerade aufhält, besitzt das UMTS-Kernnetz (Core Network) zwei Datenbanken, die für die Mobilitätsverwaltung der Teilnehmer verantwortlich sind. Diese Datenbanken sind das zentral aufgestellte HLR (Home Location Register) und die jeweils einem geographischen Gebiet zugeordneten VLRs (Visitor Location Register). Zusätzlich übernimmt das 3G-GMSC (Gateway Mobile Switching Center) Aufgaben für die Wegfindung.

- Mit der ISUP-Nachricht IAM erhält das GMSC die MSISDN (Mobile Subscriber ISDN Number). Damit eine Nutzverbindung zum MSC des B-Teilnehmers durchgeschaltet werden kann stellt das GMSC eine SRI-Anfrage (Send Routing Information) an das HLR, welches mit der PRN-Anfrage (Provide Roaming Number) die Roaming Number für den Verbindungsaufbau anfordert.
- Mit der PRN-Antwort wird die Roaming Number VLR des B-Teilnehmers zum HLR und von dort mit der SRI-Antwort (Send Routing Information) zum GMSC übertragen. Das GMSC kann damit nicht nur die Nutzverbindung zum MSC des B-Teilnehmers aufbauen, sondern auch die ISUP-Nachricht IAM übertragen.

¹² bei UMTS können parallel mehrere Dienste laufen, wie z.B. Sprache und Email.

- Mit SIFIC (Send Information For Incoming Call) werden TMUI (Temporary Mobile User Identity, entspricht TMSI bei GSM) und LAI vom VLR angefordert und mit Page UE an das MSC gemeldet.

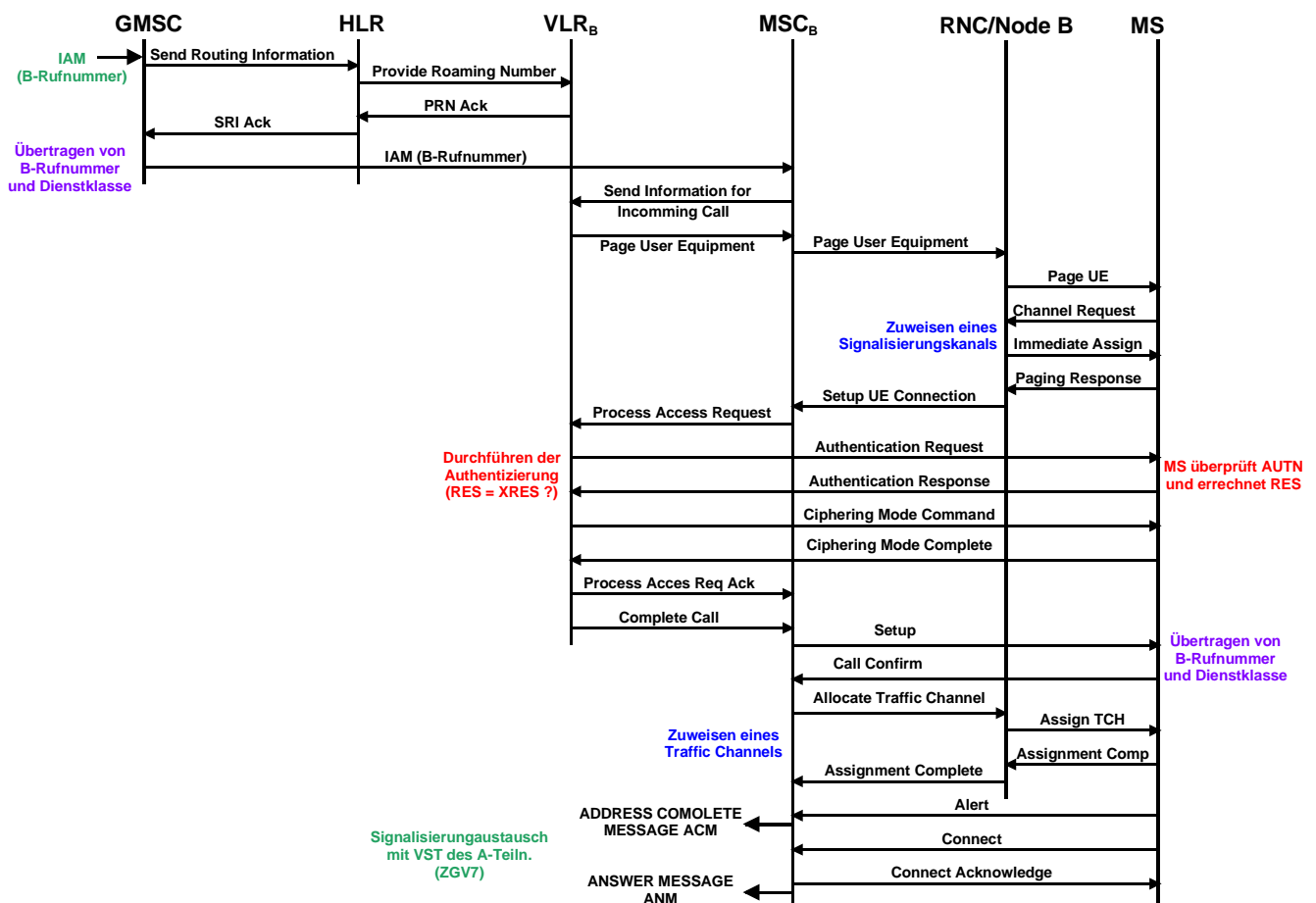


Bild 31 Signalisierungsablauf für eine Passivverbindung

- Die MSC erkennt an der LAI an welchen RNC es den Pagingruf weiterleiten muss. Der RNC wiederum, der mehrere Node Bs angeschaltet hat, erkennt an der LAI an welche seiner Node Bs er den Pagingruf weiterleiten muss. Die so selektierten Node Bs senden jetzt alle den Pagingruf per Funk in ihren zugeordneten Zellen aus. Dazu wird in der Paging-Nachricht die TMSI des Teilnehmers mit übertragen.
- Die MS erkennt anhand der TMSI, ob der Ruf für sie bestimmt ist und fordert die Zuweisung eines Signalisierungskanals um dem RNC auf den Pagingruf antworten zu können. Der RNC sendet diese Nachricht mit UE-Verbindung einrichten an die MSC weiter.
- Das MSC stellt darauf einen Process Access Request (Prozess-Zugriffsanfrage) an das VLR um das für die Authentifizierung, Verschlüsselung und die Integritätsprüfung erforderliche teilnehmerspezifische Sicherheits-Quintett zu bekommen. Das Sicherheits-Quintett besteht aus:
 - AUTN (Authentication Token) welches dazu dient, dass sich der Netzbetreiber gegenüber dem Teilnehmer authentizieren kann.
 - RAND Zufallszahl wie bei GSM
 - XRES Expected Response - entspricht SRES bei GSM
 - CK Ciphering Key für die Verschlüsselung – entspricht Kc bei GSM
 - für die Prüfung der Datenintegrität

- Mit dem Authentication Request werden RAND und AUTN vom VLR zur USIM übertragen. Die USIM errechnet CK (Ciphering Key), IK (Integrity Key) und RES (Response), und überträgt letztere in der Quittung Authentication Response zum VLR. Das VLR vergleicht nun die RES mit der XRES; sind beide ident ist der Teilnehmer zu Benutzung des Netzes berechtigt.
- Bei Bedarf erfolgt anschließend an die Authentifizierung, solange noch kein anderer Dienst aktiv läuft¹³, die Generierung der Datenverschlüsselungs-Schlüssel.
- Nach Durchführung der Authentifizierung und Generierung der Datenverschlüsselungs-Schlüssel quittiert das VLR mit Process Access Request Ack den vom MSC eingangs gestellte Process Access Request (Prozess-Zugriffsanfrage). Mit dem Connection Management Service Request Ack. In der anschließend übertragenen Nachricht Complete Call teilt das MSC der MS mit, dass mit dem Verbindungsaufbau zur MS begonnen werden kann.
- Mit SETUP wird der MS vom MSC die Dienstklasse mitgeteilt, damit die MS weiß mit welchen Kapazitäten und QoS-Profilen für den gewünschten Dienst zu rechnen ist. Der Erhalt dieser Daten wird von der MS mit Call Confirm bestätigt.
- Die MSC beauftragt den RNC mit Allocate Channel eine Transportkanal-Zuordnung durchzuführen und die Dienstmerkmale, wie z.B. Delay, Datenrate oder Datenschutz festzulegen.
- Mit Assign Command werden der MS vom RNC u.a. Spreizcode und Scramblingcode mitgeteilt, die notwendig sind, um einen WCDMA-Funkkanal für den Datenaustausch aufbauen zu können. Die MS bestätigt dem RNC die Funkkanalzuweisung mit Assign Complete - erst jetzt verfügt die MS über eine ihr zugeordnete Funkressource, über die kommuniziert werden kann. Der RNC quittiert dem MSC mit Assign Complete, dass die Funkkanalzuweisung abgeschlossen ist.
- Mit den ISUP-Nachrichten ACM und ANM wird die Verbindung zum A-Teilnehmer aufgebaut and durchgeschaltet.

5.4 Handover

Der Begriff Handover bezieht sich immer auf Dienste, die kanalvermittelt betrieben werden. Für paketvermittelnde Dienste wird ein anderes Verfahren verwendet.

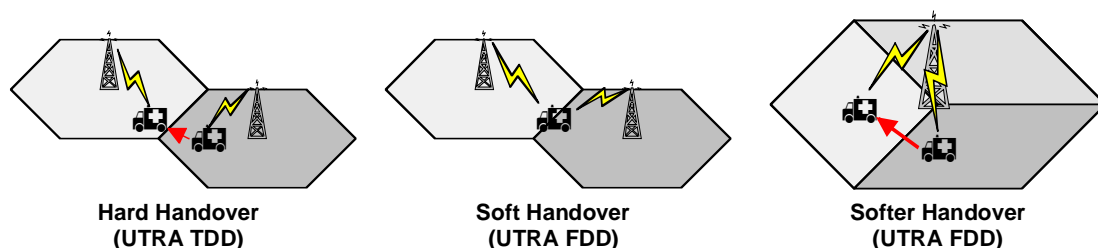


Bild 32 Verschiedene Arten des Handovers

(23) Prinzipiell gibt es in UMTS drei verschiedene Typen von Handover:

- Der von GSM bereits bekannte *Hard Handover*, bei dem die Verbindung zu einem bestimmten Zeitpunkt hart umgeschaltet wird. Diese Methode wird auch im UTRA-TDD-Modus eingesetzt, weil hier zwischen den einzelnen Sende- und Empfangsphasen ei-

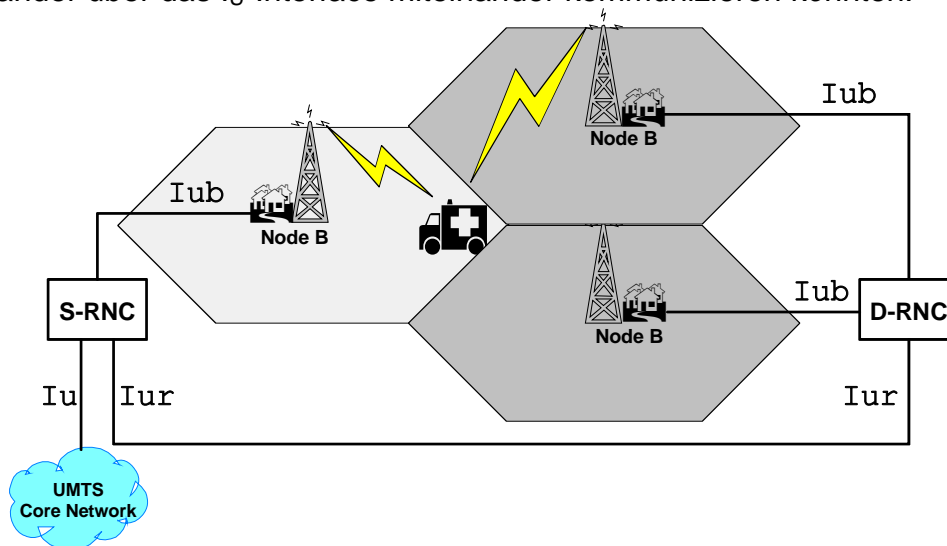
¹³ bei UMTS können parallel mehrere Dienste laufen, wie z.B. Sprache und Email.

ner Mobilstation genug Zeit zum Umschalten auf die neue Zelle vorhanden ist. Der Wechsel in die neue Zelle erfolgt also von einem Rahmen auf den nächsten.

- Der *Soft-Handover*¹⁴, bei dem eine Mobilstation zu einem Zeitpunkt mit bis zu drei Sektoren von verschiedenen Node Bs gleichzeitig kommuniziert. Die Daten werden im RNC aufgeteilt (Splitting), über die Node Bs ausgestrahlt und in der Mobilstation wieder zusammengesetzt. Im Uplink werden die Daten von allen beteiligten Node Bs empfangen und an den RNC weitergeleitet. Dieser setzt die beiden Datenströme wieder zusammen und übergibt die Daten an das CN.
Der Soft-Handover bezieht seinen Namen aus der Tatsache, dass es keinen festen Umschaltzeitpunkt gibt, sondern die Verbindung *weich* von einer Basisstation zur nächsten übergeben wird. Die neue Basisstation trägt zunächst nur ein bisschen zur Übertragung bei, doch je weiter das UE in die neue Zelle eintaucht, desto mehr wird von der neuen Basisstation übernommen. Schließlich wird die Verbindung zur alten Station abgebaut und die Mobilstation verlässt den Soft-Handover-Zustand.
- Der *Softer Handover*¹⁵ ist ein Spezialfall des Soft Handovers: Die Übertragung kann auch parallel über verschiedene Sektoren des gleichen Node Bs laufen. Die beim Soft-Handover genannten Vorteile bleiben gültig, allerdings kann der Node B bereits mit der Aufgabe betraut werden, die beiden Datenströme zusammenzuführen und nur einen Datenstrom an den RNC zu übergeben.

Die Rolle des RNC beim Handover

Der Soft-Handover ist eine relativ einfache und verständliche Angelegenheit, wenn die beteiligten Node Bs zum gleichen RNC gehören. Falls die Node Bs aber von verschiedenen RNCs kontrolliert werden, ergibt sich ein Problem: Das CN darf von den im RAN auftretenden Problemen nichts mitbekommen und keine Aufgaben, die direkt mit der Funkschnittstelle zusammenhängen, übernehmen. Dies wäre aber notwendig, wenn die beiden RNCs nicht direkt miteinander über das I_U-Interface miteinander kommunizieren könnten.



S-RNC: Übergang in das CN via Iu D-RNC: zusätzlicher RR

Bild 33 Die Rolle des RNC beim Handover

Entsprechend obigem Bild läuft der Vorgang wie folgt ab:

¹⁴ ca. 20 – 30 % der Verbindungen werden sich permanent im soft Handover befinden.

¹⁵ ca. 10 – 15 % der Verbindungen werden sich permanent im soft Handover befinden.

- Die Mobilstation wird von der linken Zelle 1 versorgt. Der links dargestellte RNC kontrolliert die Verbindung und hält die Verbindung zum Festnetz über die I_u -Schnittstelle. Man nennt ihn aus diesem Grund auch *Controlling RNC* (CRNC).
- Bewegt sich die Mobilstation nach rechts an den Rand der Zelle 1, tritt der Soft-Handover-Fall ein und die Mobilstation wird von zwei Node Bs (1 und 2) versorgt. Node B 2 wird in obigem Beispiel von einem anderen RNC kontrolliert, bei dem der CRNC Funkressourcen (*Radio Resource (RR)*) für die Mobilstation belegt. Die Kontrolle über die Verbindung bleibt aber bei dem linken RNC. Er bleibt *Serving RNC* (SRNC), während der rechte RNC bzgl. dieser Verbindung über das I_u -Interface ferngesteuert wird. Er wird zum *Drift RNC* (DRNC). Das *Combining* von Daten, die von der Mobilstation im Uplink übertragen werden, ist Aufgabe des SRNC. Der DRNC reicht die Daten unbearbeitet an den SRNC weiter. Im Downlink sendet der SRNC eine Kopie der vom CN kommenden Daten an den DRNC (Splitting), der diese über die angeschlossenen Node Bs an die Mobilstation weiterleitet.
- Bewegt sich die Mobilstation tiefer in den Versorgungsbereich des Node B 2, wird der Beitrag von Node B 1 immer geringer. Schließlich kann die Verbindung über den alten Node B abgebaut werden. Jetzt werden Ressourcen in zwei RNCs belegt, obwohl die Verbindung nun ausschließlich über den rechten RNC abgewickelt werden könnte. In diesem Fall gibt es ein Verfahren, das im Standard als *SRNS-Relocation* bezeichnet wird. Der I_u -Bezugspunkt, bei dem die Daten von RAN an das CN übergeben werden, wird vom linken RNC an den rechten RNC verschoben. Dies ist der einzige Handovertyp in UMTS, der das CN mit in den Handovervorgang einbezieht. Dadurch wird der DRNC zum CRNC und verwaltet die Verbindung jetzt alleine. (Es gibt noch einen zweiten Fall: Wenn in einem UMTS-Netz das I_{u-r} -Interface nicht implementiert ist, muss die Verbindung von einem RNC zum nächsten hart umgeschaltet werden. In diesem Fall ist das CN ebenfalls involviert. Dabei wird die Verbindung zum Netz faktisch kurz unterbrochen und unmittelbar darauf mit dem neuen RAN aufgebaut.)

6 Dienstekonzept

Das UMTS-Konzept sieht vor, dem Anwender ein handliches Endgerät für alle Einsatzbereiche, zu Hause, im Büro, unterwegs im Auto, Zug, Flugzeug und als Fußgänger zur Verfügung zu stellen. Darum wird UMTS eine gemeinsame Luftschnittstelle für alle Einsatzgebiete anbieten, die flexibel eine weltweite Integration der heute unterschiedlichen Funkkommunikationssysteme, wie z.B. Mobiltelefon-, Telepoint-, Bündelfunk-, Datenfunk- bzw. Satellitenfunksysteme in einem System erlauben wird.

Eine wichtige Rolle in UMTS wird das Konzept der intelligenten Netze (IN) spielen, das die Gebührenabrechnung und -zuordnung und die gemeinsame Datenhaltung für die Lokalisierung und das Routen durch die Netze verschiedener Netzbetreiber ermöglichen wird. UMTS wird als erstes System ein Roaming mobiler Teilnehmer bei bestehender Verbindung mit Handover zwischen Netzen unterschiedlicher Einsatzbereiche und verschiedener Betreiber ermöglichen.

Die Möglichkeit Aufenthaltsorte von Mobilteilnehmern mit einer Ortungsgenauigkeit von drei Metern zu bestimmen – mittels GPS oder netzabhängigen Ortungsverfahren – wird neue kundenfreundliche Dienste möglich machen.

6.1 Basisdienste für UMTS und IMT-2000

Die ETSI hat eine vorläufige Liste von Diensten, die von UMTS unterstützt werden sollen, veröffentlicht, die auf den Empfehlungen der ITU für das FPLMTS¹⁶ und auf Spezifikationen des RACE-Projektes¹⁷ aufbauen. Im Folgenden wird auf die von UMTS unterstützten Dienste näher eingegangen.

Trägerdienste

UMTS soll in der Lage sein, sowohl ISDN- als auch Breitband-ISDN-Trägerdienste zu unterstützen. Es sollen folgende ISDN-Dienste integriert werden:

- kanalvermittelte Dienste:
 - transparent 64, 2•64, 384, 1 536 und 1920 kbit/s mit Benutzerdatenraten von 8, 16 und 32 kbit/s,
 - Sprachübertragung,
 - 3,1-, 5- und 7-kHz-Audio-Übertragung,
 - alternativ Sprache oder transparente Datenübertragung mit Benutzerdatenraten von 8, 16, 32 und 64 kbit/s;
- paketvermittelte Dienste:
 - virtueller Ruf und permanent virtueller Kanal,
 - ISDN verbindungslos,
 - Benutzersignalisierung.

Breitband-ISDN-Dienste mit einer Übertragungsrate von 2 Mbit/s sollen in UMTS auch für mobile Teilnehmer verfügbar sein. Diese Dienste werden gemäß ITU als interaktive oder Verteildienste klassifiziert.

Interaktive Dienste sind entweder Konversationsdienste, Nachrichtendienste oder Abfragedienste. Konversationsdienste werden dabei durch zeittransparente Ende-zu-Ende-Verbindungen realisiert, die sowohl symmetrisch bidirektional, asymmetrisch bidirektional oder unidirektional sein können. Nachrichtendienste bieten eine nicht zeittransparente Kommunikation zwischen Benutzern. Abfragedienste dienen zur Abfrage und zum Empfang von zentral gelagerten Daten.

Durch Verteildienste können kontinuierlich Informationen von einer zentralen Stelle aus an eine beliebige Anzahl von Benutzern übertragen werden, ohne dass diese den Beginn und das Ende der Übertragung beeinflussen können. Ein weiterer Verteildienst bietet dem Benutzer die Möglichkeit, den Beginn der Informationsübertragung zu beeinflussen.

Als Übertragungstechnik wurde von der ETSI für diese B-ISDN-Dienste der Asynchronous Transfer Mode (ATM) bestimmt. Um aus den zu unterstützenden Trägerdiensten Anforderungen an die Funkschnittstelle ableiten zu können, hat die ETSI die Trägerdienste in Anlehnung an Funktionsbeschreibungen von B-ISDN und der ATM-Adaptionsschicht (AAL) in vier Kategorien eingeteilt. Diese vier Trägerdienstkategorien unterscheiden sich in ihrem Zeitverhalten, der Bitrate und der Verbindungsart. Innerhalb jeder Trägerdienstklasse sind für verschiedene Kommunikationsszenarien die maximale Bitrate, die maximale Bitfehlerwahrscheinlichkeit und die maximale Verzögerungszeit festgelegt.

¹⁶ Future Public Land Mobile Telecommunication System

¹⁷ Research and Development in Advanced Communications Technologies in Europe

Teledienste

Die von UMTS zu unterstützenden Teledienste werden von der ETSI in drei Kategorien eingeteilt :

- Teledienste, die bereits im Festnetz existieren, gemäß ITU-T, Serien E, F und I:
 - Telefonie:
 - Sprache,
 - In-Band-Facsimile (Telefax Gruppe 2 und 3),
 - In-Band-Datenübertragung (mittels Modem);
 - Telefonkonferenz:
 - Mehrparteien-Mehrwertdienste,
 - Gruppenruf,
 - bestätigter Gruppenruf,
 - Sammelruf.
- UMTS-Teledienste und -Anwendungen, z.B.:
 - Audio- und Videoübertragung;
 - Paging;
 - Rundsendedienste;
 - Datenbankabfragen;
 - Datenübertragung;
 - Verzeichnisdienste (z.B. Telefonbuch)
 - Mobilitätsdienste (z.B. Navigation oder Lokalisation);
 - Elektronische Zeitung;
 - Notruf;
 - Notruf-Rundsendung;
 - Kurznachrichtendienste:
 - verursacht durch Benutzer,
 - terminiert durch Benutzer,
 - Sprachnachrichten,
 - Facsimile,
 - Electronic Mail;
 - Teleaktions-Dienste (z.B. Fernsteuern);
 - Teleshopping;
 - Videoüberwachung;
 - Sprachnachrichten.
- Multimediadienste und Anwendungen
Der Dienst mit dem größten Bandbreitebedarf ist Multimedia und interaktives Multimedia wie z.B. Daten, Grafiken, Bilder, Audio und Video sowie deren Kombinationen. UMTS soll die Nutzung mehrerer dieser Medien gleichzeitig gestatten. Multimedia-Dienste erlauben die Übertragung von mehr als einem Informationstyp, z.B. Video- und Audioinformationen. Dieser Dienst ist noch nicht weiter spezifiziert .

6.2 Zusatzdienste

Bei der Standardisierung von Zusatzdiensten wird prinzipiell zwischen traditionellen, nichtinteraktiven PSTN/ISDN-Diensten und personalisierten, interaktiven Zusatzdiensten unterschieden. Der Dienstanbieter kann diese einer Benutzergruppe oder individuell einem einzelnen Benutzer zugänglich machen. In Anlehnung an die GSM- und ISDN-Standards sind die im Folgenden aufgelisteten Kategorien von Zusatzdiensten vorgeschlagen:

- Nummernidentifikation, z.B. Kurzwahl, Schutz gegen unerwünschte Anrufe, Identifikation des Anrufers;
- Rufanbietung (Call Offering), z.B. Rufweiterleitung;
- Rufbeendung, z.B. Ruf halten;
- Mehrparteienkommunikation, z.B. Konferenzgespräche;
- Gruppenkommunikation, z.B. Kommunikation in geschlossenen Benutzergruppen;
- Abrechnung, z.B. Anzeige von Guthaben;
- Zusatzinformationen, z.B. Benutzer-zu-Benutzer-Signalisierung;
- Rufzurückweisung, z.B. Sperren aller ankommenden Rufe.

6.3 Mehrwertdienste

- Personal Mobility: Der Nutzer kann durch Benutzung einer Smart Card seine Telefonnummer auf jedes Endgerät übertragen.
- Virtual Home Environment und Dienste-Portabilität: ermöglicht es dem Nutzer, sein personalisiertes Dienst-Portfolio selber zusammenzustellen und auch in jedem Fremdnetz zu nutzen. Virtual Home Environment emuliert dabei diejenigen Dienste, die im Fremdnetz eigentlich nicht angeboten werden, so dass der Nutzer keinen Unterschied zu seiner gewohnten Heimatumgebung feststellen kann. Außerdem wird so die Nutzung von Vor-UMTS-Diensten ermöglicht.
- Bandwidth on Demand: erlaubt bei verschiedenen Diensten mit stark unterschiedlichen Anforderungen an Übertragungsbandbreite, wie z.B. Short Message Service und Video, eine effizientere Nutzung der Betriebsmittel. Weiterhin ist es so möglich, dass der Nutzer eigenständig wählen kann zwischen hoher Bandbreite für maximale Dienstqualität und geringer Bandbreite bei günstigeren Kosten.

7 Kontrollfragen

1. Welche Funkübertragungsverfahren für IMT 2000 kennen Sie?
2. In welchen Schritten ist die Einführung des UMTS geplant?
3. Aus welchen Systemkomponenten besteht Release 99?
4. Nennen und beschreiben Sie die Aufgaben des RNC.
5. Nennen und beschreiben Sie die Aufgaben des Node B.
6. Nennen und beschreiben Sie die verschiedenen Arten von Mobile Switching Centers.
7. Nennen und beschreiben Sie die zentralen Verwaltungsfunktionen.
8. Beschreiben Sie die Aufgaben des Serving GPRS Support Nodes.
9. Beschreiben Sie die Aufgaben des Gateway GPRS Support Nodes.
10. Beschreiben Sie die wichtigsten Eigenschaften des CDMA – Verfahrens.
11. Nennen Sie die CDMA-Zugriffsverfahren und ihre Eigenschaften.
12. Beschreiben Sie das Prinzip der UMTS-Codierung und Decodierung.
13. Zeichnen Sie einen OVSF-Codebaum und beschreiben Sie seine Eigenschaften.
14. Welche Arten von Zellentypen sind für UMTS vorgesehen?
15. Beschreiben Sie das Prinzip der „Zellatmung“.
16. Welche UMTS-Kanalstrukturen kennen Sie und wofür werden sie benötigt?
17. Nennen Sie die grundsätzlichen Arten physikalischer Kanäle und deren Aufgaben.
18. Beschreiben Sie die Zeit- und Burststruktur des PRACH.
19. Beschreiben Sie das Prinzip der Zellsuche.
20. Beschreiben Sie den Ablauf der Authentifizierung.
21. Beschreiben Sie den Ablauf einer Aktivverbindung.
22. Beschreiben Sie den Ablauf einer Passivverbindung.
23. Welche Handover-Arten kennen Sie und wie funktionieren diese?

8 Bilder

Bild 1 Migrationsmöglichkeiten von 2G zu 3G Mobilfunksystemen 3

Bild 2 Marktanteil im Mobilfunk 5

Bild 3 UMTS-Nutzer in Europa und Österreich 5

Bild 4 UMTS Netzarchitektur nach „Release 99“ 6

Bild 5 UMTS Terrestrial Radio Access Network 8

Bild 6 Frequenzspektrum für 3G Systeme 15

Bild 7 in Österreich vergebene UMTS-FDD Frequenzen 16

Bild 8 in Österreich vergebene UMTS-TDD Frequenzen 16

Bild 9 Vielfachzugriffsverfahren - Übersicht 17

Bild 10 CDMA- FDD: Frequency Division Duplex 18

Bild 11 CDMA- TDD: Time Division Duplex 18

Bild 12 Korrelationsempfang von CDMA-Signalen..... 19

Bild 13 Erzeugen eines Chipstroms und Rückgewinnen des Bitstroms..... 20

Bild 14 Realisierung variabler Bitraten mittels OVSF-Codes 21

Bild 15 OVSF-Codebaum..... 22

Bild 16 Zellenhierarchie 24

Bild 17 Datenrate in Abhängigkeit von der Entfernung 25

Bild 18 Zellenreichweite als Funktion der Teilnehmerzahl einer Zelle 26

Bild 19 UMTS Kanalstruktur 26

Bild 20 Abbildung logischer Kanäle auf Transportkanäle aus Sicht des UTRAN 27

Bild 21 Transportblöcke und Transportblock-Sets 28

Bild 22 Struktur dedizierter Kanäle im Uplink..... 31

Bild 23 Struktur dedizierter physikalischer Kanäle im Downlink..... 32

Bild 24 Zeitstruktur des physikalischen Zufallszugriffs-Kanals 33

Bild 25 Zeit- und Burststruktur bei der Datenübertragung über den PRACH 33

Bild 26 Authentifizierungsablauf..... 35

Bild 27 Errechnen des Cipherring Key CK durch die USIM..... 36

Bild 28 Generierung des AUTN-Vektors im AuC 37

Bild 29 Auswertung des AUTN in der MS 37

Bild 30 Signalisierungsablauf für eine Aktivverbindung 38

Bild 31 Signalisierungsablauf für eine Passivverbindung..... 40

Bild 32 Verschiedene Arten des Handovers 41

Bild 33 Die Rolle des RNC beim Handover..... 42

Tabelle 1 Datenrate in Abhängigkeit vom Zellentyp 25

9 Abkürzungen

ATM	Asynchronous Transfer Mode
AUC	Authentication Center
BGW	Billing Gateway
B-ISDN	Breitband-ISDN
CCU	Channel Control Unit
CDMA	Code Division Multiple Access
DS	Direct Spread
EIR	Equipment Identity Register
ETSI	European Telecommunication Standards Institute
FDD	Frequency Division Duplex
FPLMTS	Future Public Land Mobile Telecommunication System
GGSN	Gateway GPRS Support Node
GMSC	Gateway Mobile Switching Center
GPRS	General Packet Radio Service
GPS	Global Positioning System, globales Positionierungssystem
HLR	Home Location Register
HTML	Hypertext Markup Language
ILR	Interworking Location Register
IMSI	International Mobile Subscriber Identity
IMT 2000	International Mobile Telecommunication in the 2000 MHz band
ISDN	Integrated Services Digital Network
MES	Mobile Earth Station, mobile Bodenstation
MGW	Media Gateway
MS	Mobilstation
MSC	Mobile Switching Center
MSCS	Mobile Switching Center Server
OSS	Operation and Support System
PDCH	Packet Data Channel
PN-Code	Pseudonoise-Code
PSTN	Public Switched Telephone Network
QoS	Quality of Service
RACE	Research and Development in Advanced Communications Technologies in Europe (EU-Projekt)
RNC	Radio Network Controller
SCP	Service Control Point
SGSN	Serving GPRS Support Node
SMS	Short Message Service
SMS	Short Message Service, Kurzmitteilungsdienst
SMS	Message Center
TDD	Time Division Duplex
UMTS	Universal Mobile Telecommunication System
VLR	Visitor Location Register
Wap	Wireless Application Protocol
WCDMA	Wideband Code Division Multiple Access
WML	Wireless Markup Language

10 Literatur

- [1] B. Walke, Mobilfunknetze und ihre Protokolle Band 1, Teubner Verlag, 1998
ISBN 3-519-06430-8
- [2] Ericsson, Infrastruktur von Mobilnetzen, download www.ericsson.de, 07 2001
- [3] Ericsson, von GSM zu UMTS, download www.ericsson.de, 07 2001
- [4] Bergmann, Gerhardt, Handbuch der Telekommunikation, Hanser Verlag, 2000
ISBN 3-446-19535-1
- [5] B. Walke, Marc Peter Althoff, Peter Seidenberg, UMTS – Ein Kurs, J. Schlembach
Fachverlag, ISBN 3-935340-22-2
- [6] www.UMTSlink.at