

HUMBOLDT-UNIVERSITÄT ZU BERLIN  
INSTITUT FÜR INFORMATIK

LEHRSTUHL FÜR SYSTEMANALYSE

## Studienarbeit

# Architektur des *Universal Mobile Telecommunications Systems*

Erik Pischel



Berlin

14. Januar 2002

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>UMTS im technischen Kontext</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>Anforderungen an UMTS</b>	<b>8</b>
<b>4</b>	<b>Der Übergang von GSM zu UMTS</b>	<b>10</b>
4.1	Überblick über GSM . . . . .	10
4.1.1	Funktionaler Aufbau . . . . .	10
4.1.2	Beispielszenarien . . . . .	12
4.2	Erweiterungen zu GSM . . . . .	14
4.3	Übergang zu UMTS . . . . .	15
<b>5</b>	<b>Die UMTS-Architektur im Überblick</b>	<b>16</b>
5.1	Einteilung des Systems in Domänen . . . . .	17
5.1.1	Endgeräte-Domäne . . . . .	17
5.1.2	Zugangsnetz-Domäne . . . . .	17
5.1.3	Kernnetz-Domäne . . . . .	18
5.2	Einteilung des Systems in funktionale Komponenten . . . . .	18
5.2.1	Komponenten der Endgeräte-Domäne . . . . .	18
5.2.2	Komponenten der Zugangsnetz-Domäne . . . . .	18
5.2.3	Komponenten der Kernnetz-Domäne . . . . .	20
<b>6</b>	<b>Die UMTS-Funkübertragungsverfahren</b>	<b>22</b>
6.1	Die Codemultiplex-Technik (CDMA) . . . . .	22
6.2	Der FDD-Modus . . . . .	24
6.3	Der TDD-Modus . . . . .	25
<b>7</b>	<b>Das UMTS Funkzugriffsnetz</b>	<b>26</b>
7.1	Architektur . . . . .	26
7.1.1	Komponenten des UTRAN . . . . .	26
7.1.2	Allgemeines Protokoll-Modell für die UTRAN Schnittstellen . . . . .	26
7.2	Funktionen des UTRAN . . . . .	28
7.3	Die $U_u$ -Schnittstelle . . . . .	30
7.3.1	Die Protokollarchitektur . . . . .	30
7.3.2	Die Funkbetriebsmittelverwaltung . . . . .	31
7.3.3	Schicht 3: Die Funkbetriebsmittelsteuerung . . . . .	32

## Inhaltsverzeichnis

7.3.4	Die Sicherungsschicht . . . . .	33
7.3.5	Schicht 2: Das Paketdaten-Konvergenz-Protokoll . . . . .	33
7.3.6	Schicht 2: Die Rundsendesteuerung . . . . .	34
7.3.7	Schicht 2: Die Funkverbindungssteuerung . . . . .	35
7.3.8	Schicht 2: Die Mediumzugriffssteuerung . . . . .	39
7.3.9	Die Bitübertragungsschicht . . . . .	43
7.4	Die $I_u$ -Schnittstelle . . . . .	45
7.5	Die $I_{ur}$ -Schnittstelle . . . . .	46
7.6	Die $I_{ub}$ -Schnittstelle . . . . .	46
7.7	Beispielszenarien . . . . .	47
7.7.1	Funkruf . . . . .	47
7.7.2	Aufbau einer NAS Signalisierungsverbindung . . . . .	48
7.7.3	Aufbau einer RRC-Verbindung . . . . .	49
7.7.4	Direktübertragung von NAS Nachrichten . . . . .	50
7.7.5	<i>Handover</i> : Zufügen einer Funkverbindung . . . . .	51
7.7.6	Freigabe einer RRC Verbindung . . . . .	52
7.8	Zusammenfassung . . . . .	53
<b>8</b>	<b>Das UMTS-Kernnetz</b>	<b>56</b>
8.1	Das verbindungsorientierte Teilsystem . . . . .	56
8.2	Das verbindungslose Teilsystem . . . . .	57
8.2.1	GPRS – ein Überblick . . . . .	57
8.2.2	Innovationen im GPRS-Teilsystem . . . . .	60
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>62</b>
	<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>64</b>
	<b>Glossar</b>	<b>71</b>

# Abbildungsverzeichnis

4.1	Funktionaler Aufbau eines GSM-Systems . . . . .	10
4.2	Anmeldung an einer neuen MSC . . . . .	12
4.3	Anruf aus dem öffentlichen Telefonnetz . . . . .	13
5.1	Abstrakte UMTS-Architektur . . . . .	16
5.2	Einteilung des UMTS in Bereiche und Bezugspunkte . . . . .	17
5.3	Die wichtigsten Komponenten der UMTS-Architektur . . . . .	19
6.1	Funkübertragung mit W-CDMA . . . . .	23
6.2	Unterschiede zwischen FDMA, TDMA und CDMA . . . . .	25
7.1	Allgemeines UTRAN-Protokoll-Modell . . . . .	27
7.2	Schichtenarchitektur der $U_u$ -Schnittstelle . . . . .	30
7.3	Möglicher Aufbau der PDCP-Schicht . . . . .	34
7.4	Entitäten der RLC-Schicht . . . . .	38
7.5	Zuordnung zwischen logischen Kanälen und Transportkanälen – UE-Seite . . . . .	41
7.6	Zuordnung zwischen logischen Kanälen und Transportkanälen – UTRAN-Seite . . . . .	42
7.7	Beispiel für die Datenübertragung über Transportkanäle . . . . .	45
7.8	Funkruf Szenario . . . . .	47
7.9	Aufbau einer NAS Signalisierungsverbindung . . . . .	48
7.10	Aufbau einer RRC Verbindung . . . . .	49
7.11	Direktübertragung von NAS Nachrichten - UE zu CN . . . . .	50
7.12	Direktübertragung von NAS Nachrichten - CN zu UE . . . . .	51
7.13	Zufügen einer Funkverbindung . . . . .	54
7.14	Freigabe einer RRC Verbindung . . . . .	55

# 1 Einleitung

Im Jahr 2000 erbrachte die Versteigerung von Mobilfunklizenzen für den Mobilfunkstandard *Universal Mobile Telecommunications System (UMTS)* den Erlös von ca. 100 Milliarden DM. Dies zeigt, wie groß die Erwartungen der Industrie in diesen Mobilfunkstandard sind. Die enorme Summe brachte UMTS gleichfalls in das Rampenlicht der Öffentlichkeit. Doch was verbirgt sich hinter diesem Standard?

In meiner Studienarbeit lege ich dar, wie ein Mobilfunknetz nach dem UMTS-Standard aufgebaut ist: aus welchen Komponenten es besteht und welche Funktionalitäten diese erfüllen. Den Schwerpunkt lege ich dabei auf das Funkzugriffsnetzwerk, während ich vom Kernnetz lediglich die wesentlichen Änderungen gegenüber dem Vorgänger *Global System for Mobile Communications (GSM)* betrachte. Auf die Endgeräte gehe ich nicht ein.

Die Arbeit habe ich wie folgt gegliedert. In Kapitel 2 stelle ich den technischen Kontext, in dem UMTS entwickelt wurde, vor. Dazu gehört ein kurzer Rückblick auf die Geschichte des Mobilfunks. In Kapitel 3 lege ich die Anforderungen dar, die an UMTS als ein Mobilfunknetz der dritten Generation gestellt werden. Den Übergang vom *GSM*, einem Mobilfunknetz der zweiten Generation, nach UMTS erläutere ich in Kapitel 4. Zum besseren Verständnis beschreibe ich knapp den Aufbau eines *GSM*-Netzwerkes. Kapitel 5 bis 8 widme ich der Beschreibung der UMTS-Architektur. Dabei gehe ich in Kapitel 7 detailliert auf das Funkzugriffsnetzwerk ein.

Voraussetzung für das Verständnis der Arbeit sind die Kenntnisse der Grundlagen verteilter System und der Rechner- bzw. Telekommunikation. Auf die physikalischen und signaltheoretischen Aspekte des Mobilfunks gehe ich (bis auf einen kleinen Exkurs in Kapitel 6) nicht ein.

In dieser Arbeit verwende ich, soweit es sinnvoll ist, durchgängig deutschsprachige Fachbegriffe. Benutze ich englischsprachige Begriffe, so setze ich diese *kursiv*. Abkürzungen werden eingeführt; ein Abkürzungsverzeichnis befindet sich im Anhang. Ich deutsche Abkürzungen nicht ein, damit der Leser sie in anderen Quellen wiedererkennen kann. Bei der Einführung einer Abkürzung gebe ich zum besseren Verständnis die englischsprachige Bezeichnung mit an. Wichtige Fachbegriffe habe ich im Glossar, das sich ebenfalls im Anhang findet, erläutert. An einigen Stellen werde ich auf Begriffe und Abkürzungen vorgreifen müssen, die erst zu einem späteren Zeitpunkt näher erläutert werden. In diesen Fällen bitte ich den Leser, sich bis dahin mit den Erläuterungen im Glossar bzw. Abkürzungsverzeichnis zu begnügen.

Die Spezifikationen, die zum UMTS-Standard gehören, sind öffentlich zugänglich über die Webseite <http://www.3gpp.org> und über den FTP-Server <ftp://ftp.3gpp.org/specs/>.

## 2 UMTS im technischen Kontext

Öffentliche Mobilfunknetze gibt es bereits seit den fünfziger Jahren. In Deutschland beispielsweise baute die Bundespost ab 1958 das A-Netz auf, welches sie ab 1973 durch das B-Netz abgelöste. Die ersten Mobilfunk-Systeme arbeiteten analog im 150-MHz- und später im 450-MHz-Frequenzbereich. Die Entwicklung erreichte mit den analogen zellularen Systemen wie dem C-Netz der Bundespost (Inbetriebnahme 1981) die nächste Stufe.

In einem zellularen Netz wird das zu versorgende Gebiet in eine Vielzahl sogenannter Zellen eingeteilt. Jeder Zelle ist eine definierte Frequenz zugeordnet, wobei sich die Zellen nicht überlappen. Dies ermöglicht dem Betreiber im Vergleich zu den vorhergehenden nicht-zellularen Netzen

- eine effizientere Ausnutzung des zur Verfügung stehenden Frequenzbandes und damit eine höhere Teilnehmerkapazität,
- ein automatisches „Weiterreichen“ einer bestehenden Verbindung von einem Versorgungsbereich zum nächsten, „Handover“ genannt, und
- eine automatische Teilnehmerlokalisierung, so daß man einen Teilnehmer unter einer Nummer erreichen kann. [BG92].

Zu Beginn der achtziger Jahre begann man damit, über einen paneuropäischen Mobilfunkstandard nachzudenken. Dazu wurde 1982 die Gruppe GSM (zunächst Groupe Spéciale Mobile, später in *Global System for Mobile Communication* umbenannt) als deutsch-französische Kooperation gegründet. Bis in die neunziger Jahre traten ihr 19 Staaten bei. Ab 1989 unter der Führung vom *European Telecommunications Standards Institute* (ETSI) stehend, entstand so das für Europa verbindliche *Global System for Mobile Communications* (GSM) [BG92]. Verglichen mit den analogen Systemen bietet dieses digitale Mobilfunknetz

- eine höhere Teilnehmerkapazität,
- eine verbesserte Sprachqualität und
- weitere Zusatzdienste wie den populäre Kurznachrichtendienst (*Short Message Service*, SMS) und Rufumleitung.

Seit der Einführung von GSM entwickeln die Hersteller immer kleinere Endgeräte. Diese Entwicklung wird zum Teil durch die Nutzung digitaler Techniken ermöglicht. In der zweiten Hälfte der neunziger Jahre wurde Mobiltelefonie zunehmend beliebter, nicht zuletzt durch die Subventionierung der Endgeräte durch die Mobilfunknetzbetreiber-Firmen.

In den USA legten sich staatliche Behörden und Industrie ausdrücklich nicht auf einen gemeinsamen Standard fest, so daß dort bis heute mehrere konkurrierende Standards existieren. Dies

verschafft den Europäern einen Vorsprung in den Mobilfunktechnologien. Daher siedeln global agierende Mobilfunk-Firmen Forschungszentren in Europa an [Kim01].

Gleichzeitig begann in den neunziger Jahren mit der Erfindung des *World Wide Web* durch Tim Burner-Lee die Zahl der Benutzer und der Rechnerknoten des Internets exponentiell zu steigen. Während Mobiltelefone es den Menschen ermöglichen, jederzeit und überall erreichbar zu sein, erlaubt das Internet den Informations- und Nachrichtenaustausch mit jedem Benutzer in allen Teilen der Welt. Neben den enormen sozialen Konsequenzen, die Mobiltelefonie und Internet nach sich ziehen, fördern sie die zunehmende Verknüpfung nationaler Ökonomien und den internationalen Waren- und Finanzfluß.

Heute konvergieren drahtlose Sprachübertragung und die Vernetzung von Endgeräten: Während Mobiltelefonie bisher *Sprache* „über die Luft“ übermittelte, werden im Internet *Daten* über Kupfer- bzw. Lichtwellenleiter gesendet. Nun geht es darum, Daten „über die Luft“ zu senden. UMTS als Mobilfunk der dritten Generation ist für diese Konvergenz nur ein Beispiel. Die GSM-Erweiterung *General Packet Radio Service* (GPRS) transportiert mittels Internet-Protokoll (IP) Datenpakete zwischen Mobiltelefonen und Datennetzen. *Wireless-LANs* ermöglichen es, lokale Rechner-Netzwerke per Funk zu knüpfen; *Bluetooth*-Geräte kommunizieren per Funk miteinander.

Dies ist die große Herausforderung für UMTS: Datenübermittlung in die vormals Sprachübermittlungs-orientierte Mobiltelefonie zu integrieren. Die speziellen Anforderungen, die Entwickler und Industrie an UMTS stellen, beschreibe ich im folgenden Kapitel.

# 3 Anforderungen an UMTS

In [BC01] und [DB96] wird folgendes Anforderungsprofil an UMTS aufgestellt:

- die angebotenen Dienst sind von universeller Natur (durch Interaktion mit der Datenwelt des Internets),
- weltweites Roaming, d. h. das Nutzen von Mobilfunknetzen verschiedener Betreiber durch einen Teilnehmer mit demselben mobilen Endgerät,
- Einsatz in- und außerhalb geschlossener Räume,
- Unterstützung einer Hierarchie von Versorgungsbereichen (wie Pico-, Mikro- und Makro-zellen),
- Kapazität für eine große Zahl von Teilnehmern im Vergleich zu früheren Systemen,
- Unterstützung von sehr leichten Endgeräten
- effiziente Ausnutzung des zur Verfügung stehenden Frequenzspektrums
- umfangreiches Dienstespektrum mit Sprach-, Daten- und Bildübertragung mit Datenraten bis 144, 384 kbit/s und 2 Mbit/s (abhängig vom Dienst und den Mobilitätscharakteristiken),
- flexibles Dienstespektrum und Datenraten,
- variable Bitraten und
- Kontrolle über Dienste-Asymetrie (wie z. B. verschiedene Kapazitäten und Übertragungsraten für die beiden Übertragungsraten).

UMTS erfüllt die Anforderungen, die vom Standard *International Mobile Telecommunications-2000* (IMT-2000) gestellt werden. Damit ist UMTS ein Teil von IMT-2000, einem von der *International Telecommunication Union* (ITU) verabschiedeter Rahmenstandard für Mobilfunknetze der dritten Generation. Alle Mobilfunkstandards, die zu IMT-2000 gehören, sind untereinander weitestgehend kompatibel, so daß weltweites Roaming möglich wird. Neben UMTS gehören derzeit noch der amerikanische Standard *Code Division Multiple Access-2000* (CDMA-2000) und *Universal Wireless Communications 136* (UWC-136) zur IMT-2000 Familie.

Folgende Anwendungssektoren sollen lt. [BC01] die Nutzung von UMTS vorantreiben:

- Zwischenmenschliche Kommunikation (Audio- und Videotelephonie),
- Nachrichtendienste (*Unified messaging*, Video-Sprach-Nachrichten, *Chat*),

### 3 Anforderungen an UMTS

- Informationsverteilung (Blättern im *Web*, Informationsdienste, öffentliche Dienste),
- Erweiterte Positionierungsanwendungen (persönliche Navigation, Fahrer-Unterstützung),
- Geschäftsdienste (Prozess-Management, Mobilität in geschlossenen Räumen) und
- Massen-Dienste (Dienste aus dem Bankensektor, *e-commerce*, Überwachung, Dienste zur Anwenderunterstützung).

Diese Aufzählung ist natürlich mit Vorsicht zu geniessen. Womöglich wurde eine entscheidene Anwendung vergessen, an die heute noch niemand denkt. Wer hat schon zu Beginn der neunziger Jahre die stürmische Entwicklung bei der Nutzung des Kurznachrichtendienstes von GSM vorhergesehen?

# 4 Der Übergang von GSM zu UMTS

In diesem Kapitel gebe ich zunächst einen kurzen Überblick über das GSM-System. Dabei gehe ich kurz auf die wichtigsten funktionalen Komponenten ein und erläutere deren Aufgaben. Die Zusammenarbeit dieser Komponenten werden durch zwei Beispielszenarien verdeutlicht. Im zweiten Teil dieses Kapitels gehe ich auf Erweiterungen gegenüber dem ursprünglichen GSM-Standard ein. Im letzten Teil des Kapitels erläutere ich die Änderungen beim Übergang von GSM zu UMTS.

## 4.1 Überblick über GSM

Abbildung 4.1 zeigt den grundlegenden funktionalen Aufbau eines GSM-Systems. Dieses lässt sich in zwei Teilsysteme zerlegen: dem *Vermittlungsteilsystem* und dem *Funkteilsystem*. Im folgenden erläutere ich den Aufbau und zeige anschließend an zwei Beispielen das Zusammenspiel der Komponenten auf.

### 4.1.1 Funktionaler Aufbau

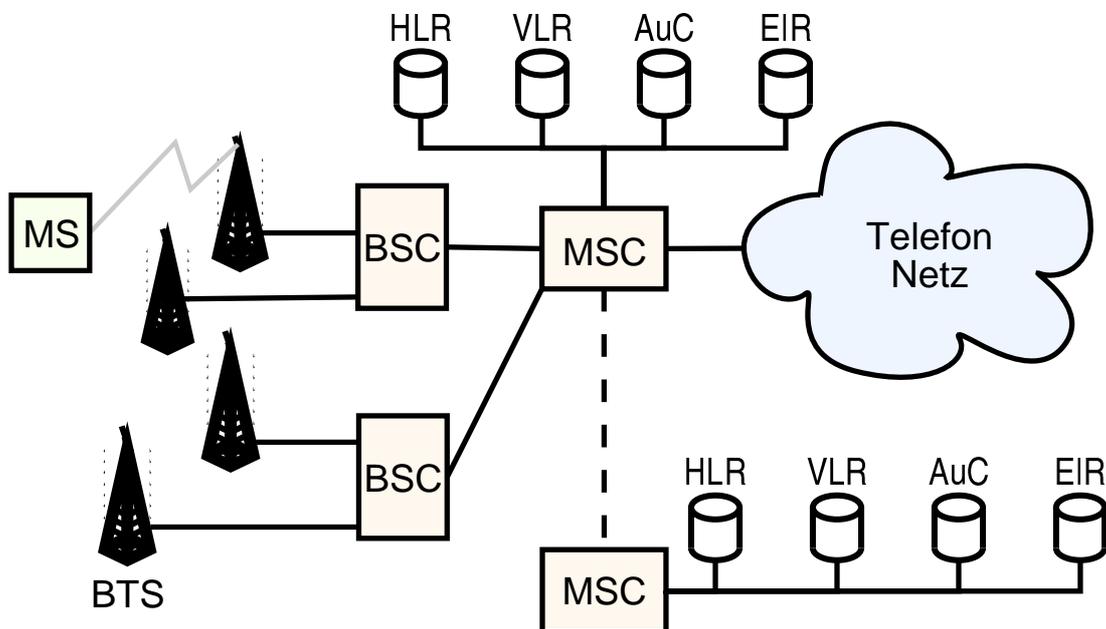


Abbildung 4.1: Funktionaler Aufbau eines GSM-Systems

Das zentrale Element des Vermittlungsteilsystems ist die Mobilvermittlungsstelle (*Mobile Switching Center*, MSC) . Sie verwaltet Verbindungen für Mobilfunkstationen, die sich innerhalb eines ihr zugeordneten geographischen Gebietes befinden. Die Mobilvermittlungsstelle verbindet Anrufe von oder zu einer Mobilfunkstation (*Mobile Station*, MS) mit:

- Mobilfunk-Teilnehmern, für die momentan die gleiche MSC zuständig ist,
- Mobilfunk-Teilnehmern, für die momentan eine andere MSC zuständig ist und
- Teilnehmern in einem anderen Netz (öffentliches Telefonnetz, andere Mobilfunknetze, *Integrated Services Digital Network* (ISDN), Datennetz)

Zur Verwaltung dieser Verbindungen gehört deren Auf- und Abbau, mobilfunkspezifische Funktionen wie Verbindungsumschaltung bei Zellwechsel (sog. *Handover*) und Zusatzdienste wie Rufweiterleitung, Rufsperrung und Rufnummernanzeige. Darüber hinaus kann eine MSC verbindungsorientierte Datendienste mit Übertragungsraten zwischen 300 und 9600 bit/s erbringen. Dazu muß sie Daten mit dem Datennetz austauschen.

Eine zweite wichtige Funktionseinheit ist die Heimatdatei (*Home Location Register*, HLR). Dies ist eine Datenbank, in der für jeden Teilnehmer statische Daten wie Rufnummer, die Internationale Mobilstationskennung (*International Mobile Station Identifier*, IMSI) , abonnierte Dienste und Authentifikationsschlüssel gespeichert sind. Zusätzlich werden temporär Daten gespeichert (z. B. über den momentanen Aufenthaltsort), die notwendig sind, um einen Anruf zum Teilnehmer aufzubauen. Es existiert eine eindeutige Zuordnung von Teilnehmer zu Heimatdatei. In der Praxis ist die HLR oft in die Mobilvermittlungsstelle integriert.

Wenn sich der Mobilfunkteilnehmer im Bereich einer anderen MSC aufhält, als die, zu der „seine“ Heimatdatei zugeordnet ist, muß die verantwortliche MSC auf Daten der HLR zugreifen, um herauszufinden, wohin der Anruf weiterzuleiten ist. Um die dabei notwendigen Datenübertragungen zwischen momentaner MSC und HLR auf das Notwendigste zu beschränken, dient die Besucherdatei (*Visitor Location Register*, VLR) als Zwischenspeicher, die die notwendigen Daten aus der HLR vorhält. Darüber hinaus sind die in der VLR gespeicherten Daten über den Aufenthaltsort der Mobilfunkstation geographisch feingranularer als die in der HLR gespeicherten Daten: während in der HLR nur die Information gespeichert ist, im Gebiet welcher VLR sich die Mobilfunkstation aufhält, enthält die VLR Informationen, die die Mobilfunkstation auf der Ebene von Zellen oder Zellverbänden verfolgt.

Das Authentisierungszentrum (*Authentication Center*, AuC) generiert und speichert Daten, die dem Schutz der Teilnehmeridentität und seiner Mobilfunkverbindung dienen. Zu diesen Daten gehören zum Beispiel Informationen über den verwendeten Authentifikationsalgorithmus. In dem Geräte-Identifizierungsregister (*Equipment Identity Register*, EIR) werden Informationen über Teilnehmer- und Geräte kennungsnummern gespeichert. Mittels dieser Datenbank können z. B. gestohlene Endgeräte im Auftrag des Teilnehmers gesperrt werden. Anders als in Abbildung 4.1 gezeigt, können sich auch mehrere MSCs die Datenbanken HLR, AuC und EIR teilen.

Das Funkteilsystem umfaßt die Mobilfunkstationen und das Feststationsteilsystem (*Base Station System*, BSS) . Eine Mobilfunkstation ist das Gerät des Endteilnehmers. Es besteht zum einen aus den für die Funkschnittstelle spezifischen Hardware- und Softwarekomponenten und zum anderen aus dem Teilnehmeridentitätsmodul (*Subscriber Identity Modul*, SIM) . In diesem Modul sind alle teilnehmerspezifischen Informationen (wie z. B. die Rufnummer) gespeichert, die für den Betrieb des Gerätes notwendig sind.

Das Feststationsteilsystem ist hierarchisch gegliedert. Zu diesem Teilsystem gehören die Funkfeststation (*Base Transceiver Station*, BTS) und die Feststationssteuerung (*Base Station Controller*, BSC). Die BTS dient als Sende- und Empfangsanlage und erbringt die das Senden und Empfangen der Funksignale notwendige Signalverarbeitung. Mit einer BTS können eine oder mehrere Zellen versorgt werden. Die BSC verwaltet die Ressourcen der Funkschnittstelle: sie reserviert Funkkanäle und gibt sie wieder frei, sorgt für *Handover* und Funkruf. Funkruf ist der aktive Suchvorgang des Netzes nach einem Endgerät, z. B. zur Signalisierung eines eingehenden Anrufes.

Einer BSC sind im Allgemeinen mehrere BTS zugeordnet. Einer MSC können wiederum mehrere Feststationssteuerungen zugeordnet sein.

#### 4.1.2 Beispielszenarien

Die folgenden beiden Beispiele zeigen den Nachrichtenaustausch innerhalb des GSM-Systems in zwei typische Szenarien und verdeutlichen die Funktionalität der einzelnen Komponenten. Das erste Szenario ist ein Beispiel aus dem Mobilitätsmanagement und zeigt den Nachrichtenaustausch in dem Fall, daß sich eine Mobilfunkstation an einer anderen Mobilvermittlungsstelle als der bisherigen anmeldet.

Das zweite Szenario bezieht sich auf das Verbindungsmanagement und zeigt den Verbindungsaufbau zwischen einem Anrufer aus dem öffentlichen Telefonnetz und einem Mobilfunk-Teilnehmer.

Die beiden Beispielszenarien habe ich [Bla99] entnommen.

##### Szenario: Anmeldung an einer neuen MSC

Sobald eine MS in den Bereich einer neuen MSC wechselt, muß dieser Wechsel im System bekannt gemacht werden. Das folgende Kollaborationsdiagramm zeigt, wie dies geschieht.

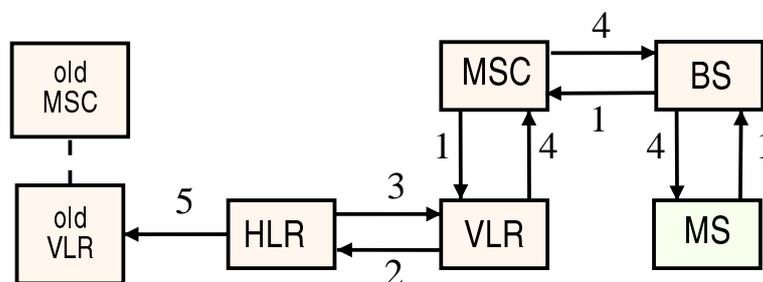


Abbildung 4.2: Anmeldung an einer neuen MSC (nach [Bla99])

1. Die Mobilfunkstation sendet die Nachricht *Location Update Request*, um seinen neuen Aufenthaltsort dem Netz bekannt zu geben. Diese Nachricht wird an die neue VLR weitergeleitet.
2. Die neue VLR hat keine Informationen über die MS und den damit verbundenen Nutzer. Daher sendet sie eine Anfrage an das HLR, um entsprechende Informationen zu bekommen.

3. Die HLR speichert den neuen Aufenthaltsort der MS (genauer: die VLR, in deren Bereich sie sich derzeit aufhält), und übermittelt der VLR Teilnehmerinformationen und Authentifizierungsparameter.
4. Die VLR bestätigt die *Location Update Request* Nachricht.
5. In der alten VLR, in deren Bereich sich die MS nun nicht mehr aufhält, wird der Eintrag für die MS gelöscht.

**Szenario: Anruf aus dem öffentlichen Telefonnetz**

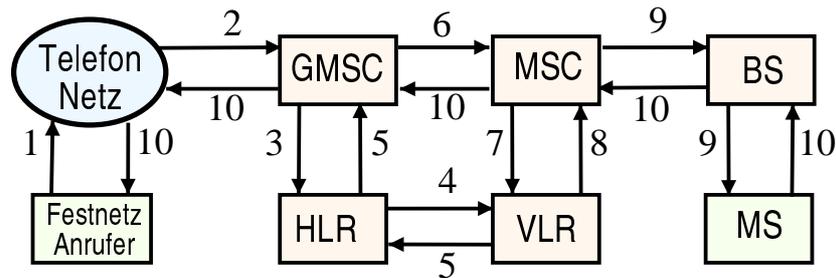


Abbildung 4.3: Anruf aus dem öffentlichen Telefonnetz (nach [Bla99])

In Abbildung 4.3 ist der Nachrichtenaustausch während des Aufbaus einer Verbindung dargestellt. Dabei liegt das Hauptproblem für das Mobilfunksystem darin, herauszufinden, in welcher Mobilfunkzelle sich die angerufene Mobilfunkstation gerade befindet und die Verbindung entsprechend zu vermitteln. Es folgt eine Beschreibung der einzelnen Schritte:

1. Das Telefon des Anrufers signalisiert dem öffentlichen Telefonnetzwerk den Verbindungswunsch.
2. Die Telefonnummer wird genutzt, um den Anruf an das *Gateway MSC* (GMSC) zu leiten. Das GMSC ist die Schnittstelle eines GSM-Mobilfunknetzes zu anderen Telefonnetzen.
3. Die GMSC kennt lediglich Telefonnummer der MS, hat aber selbst keine Informationen über den deren Aufenthaltsort. Daher kann die GMSC den Anruf nicht weiterleiten. Deshalb befragt sie das HLR des angerufenen Teilnehmers nach den notwendigen Weiterleitungsinformationen.
4. Das HLR entnimmt den dort gespeicherten Datensätzen, welche VLR momentan für die MS mit der übergebenen Telefonnummer zuständig ist und wendet sich an diese, um die notwendigen Informationen zu erlangen.
5. Die Weiterleitungsinformationen werden zurück an die GMSC gegeben.
6. Basierend auf die Informationen leitet die GMSC den Anruf an die zuständige MSC weiter.
7. Die MSC befragt die angeschlossene VLR um nähere Informationen zum Teilnehmer, die es benötigt, um den Anruf bis zur MS durchzuleiten.

8. Die VLR übergibt die notwendigen Informationen.
9. Die MSC sendet einen Funkruf an die MS.
10. Der Anruf ist erfolgreich zugestellt worden.

### 4.2 Erweiterungen zu GSM

In der Praxis zeigten sich einige der ursprünglich von GSM angebotenen Dienste als unzureichend hinsichtlich ihres Umfangs und ihrer Leistungsfähigkeit. Besonders problematisch waren Datendienste: zum einen führt die Übertragungsrate von 9,6 kbit/s selbst für kleine Datenmenge zu langen Übertragungszeiten. Zum zweiten ist die Datenübertragung verbindungsorientiert. Dies führt dazu, daß bei einer Datenverbindung immer ein Kanal belegt ist, egal ob, wie schnell und wieviele Daten gerade übertragen werden. Folglich muß die Nutzung des Dienstes auf Zeitbasis abgerechnet werden, was (in Verbindung mit der niedrigen Übertragungsrate) den Datendienst verteuert und damit unattraktiv macht. Idealerweise wäre eine verbindungslose Vermittlung, bei der Ressourcen nur beansprucht werden, wenn Daten auch übertragen werden.

Um diese Probleme zu lösen, wurden der GSM-Standard erweitert. Durch Kompression und die Nutzung von bis zu acht Kanälen gleichzeitig kann eine Erweiterung namens *High Speed Circuit Switched Data* (HSCSD) eine Übertragungsrate von bis zu 76,8 kbit/s erreichen. Das heute verfügbare System der Firma D2 Vodafone ermöglicht Datenraten bis zu 38 kBit/s.

Das Problem der Verbindungsorientiertheit löst schließlich ein Dienst namens *General Packet Radio Service*. Datenströme mehrerer Teilnehmer können über einen Kanal übermittelt werden, genauso kann der Datenstrom eines Teilnehmers mehrere Kanäle gleichzeitig benutzen und so eine höhere Datenrate erreichen: bis zu 171 kbit/s sind theoretisch möglich. Die heute angebotenen GPRS-Datendienste erreichen maximal 40 kbit/s. [tel01] Die Abrechnung kann auf Volumebasis (d. h. auf der übertragenen Datenmenge basieren) geschehen. Damit ist es möglich, „immer verbunden“ (*always on*) zu sein, d.h. jederzeit Datenpakete zu empfangen, ohne dass eine Benutzerinteraktion nötig wäre.

Durch die Änderung des Modulationsverfahrens an der Funkschnittstelle mit dem sog. *Enhanced Data Rates for GSM Evolution* (EDGE) werden noch größere Datenübertragungsgeschwindigkeiten von bis zu 384 kbit/s erreicht. Auch die Übertragungsgeschwindigkeit von GPRS kann davon profitieren.

Die Erweiterungen HSCSD, GPRS und *Enhanced Data Rates for GSM Evolution* (EDGE) werden zusammen mit einigen anderen Erweiterungen wie

- *Customized Application for Mobile Enhanced Logic* (CAMEL) ; das ist die Möglichkeit, das Netz schnell und unkompliziert um Dienste des Betreibers oder von Seiten Dritter erweitern zu können (ein derartiger Dienst könnte z. B. „Rückruf bei Besetzt“ sein),
- erweiterte Sprachsignalkomprimierung / -dekomprimierung, und
- adaptive Multirate

unter der Bezeichnung GSM Phase 2+ zusammengefaßt.

### 4.3 Übergang zu UMTS

Schon um Investitionsschutz für die Mobilfunknetz-Betreiber zu bieten, ist der Übergang von GSM zu UMTS kein Bruch; vielmehr wird von einer Evolution gesprochen. UMTS ist abwärtskompatibel mit GSM Phase 2+.

Die wesentliche Änderung von UMTS gegenüber GSM Phase 2+ ist die neue Funkübertragungstechnik, die ein neues Feststationsystem nötig macht. Dazu müssen entsprechende Antennen installiert werden. Diese neue Übertragungstechnik soll Datenraten bis 2 Mbit/s ermöglichen. Die Übertragungsraten sind von der Reichweite der Funkzellen und von der Geschwindigkeit, mit der sich das Endgerät bewegt, abhängig:

- in einer Makrozelle mindestens 144 kBit/s bei maximaler Reisegeschwindigkeit von 500 km/h,
- in einer Mikrozone mindestens 184 kBit/s bei maximaler Reisegeschwindigkeit von 120 km/h und
- in einer Pikozone mindestens 2 MBit/s bei einer maximalen Reisegeschwindigkeit von 10 km/h – der sogenannte „quasistationäre Betrieb“.

Mehr zur Unterscheidung der Zellen siehe Abschnitt 5.2.2. Darüber hinaus ist ein Frequenzband in einem UMTS-System mit 5 MHz wesentlich breiter als ein Frequenzband in einem GSM-System mit 200 kHz und ermöglicht damit eine höhere Nutzerkapazität.

Im Gegensatz zum Feststationsystem bleibt das Vermittlungsteilsystem weitgehend erhalten. Es reichen Software-Updates für die MSCs aus. Auf die einzelnen Neuerungen werde ich in Kapitel 8 eingehen.

Neu ist die Idee, daß zwischen Endgerät und Netz die Charakteristiken einer Verbindung wie maximaler Durchsatz und maximale Verzögerung ausgehandelt werden können. Dies fällt unter den Begriff Dienstgüte. Insbesondere soll UMTS diskontinuierliche und asymmetrische Datenübertragung auf effiziente Weise unterstützen und damit Anwendungen der digitalen Telekommunikationswelt und der Rechnerkommunikationswelt ermöglichen.

Viele Multimedia-Applikationen erfordern die simultane Übertragung mehrerer Datenströme. Für Videotelefonie beispielsweise müssen Bild- und Tondaten gleichzeitig übertragen werden. UMTS unterstützt die simultane Übertragung mehrerer Datenströme innerhalb einer Verbindung.

Da die Experten davon ausgehen, daß ein UMTS-Netz zunächst innerhalb eines vorhandenen GSM-Netzes entsteht, wird es möglich sein, mit einem entsprechend ausgerüsteten Mobiltelefon sowohl ein GSM-Netz als auch ein UMTS-Netz zu nutzen. Zwischen den beiden Netzarten soll auch während des Betriebs des Endgerätes gewechselt werden können.

Das Kernnetz (*Core Network*, CN) eines UMTS Netzes soll Übertragungskapazitäten von mindestens 64 kbit/s pro Nutzer im Falle einer verbindungsorientierten Verbindung und mindestens 2 MBit/s pro Nutzer im Falle einer verbindungslosen Verbindung unterstützen.

Dies sind einige der Anforderungen, die der Standard an ein UMTS Netz der Phase 1 Version 1999 stellt [UMTS]. In dieser Arbeit beziehe ich mich auf diese Version des UMTS-Standards.

# 5 Die UMTS-Architektur im Überblick

Ein UMTS-Mobilfunknetz kann zunächst strukturell sehr grob in drei Bestandteile eingeteilt werden:

- die mobilen Endgeräte, welche Anrufe auslöst und annehmen können,
- das Kernnetz, welches Anrufe zu einem bestimmten Endgerät durchleitet und vom Endgeräte stammende Anrufe an den angerufenen Teilnehmer weiterleitet sowie weitere Dienste erbringt,
- das Zugangnetz, das mittels Funktechnologie die Verbindung zwischen dem mobilen Endgerät und dem stationären Kernnetz garantiert.

Diese sehr abstrakte Gliederung ist die Voraussetzung für die Möglichkeit, das konkrete Zugangnetz und damit die Funktechnologie auszutauschen, ohne die wesentlichen Funktionen des Mobilfunknetzes zu verändern.

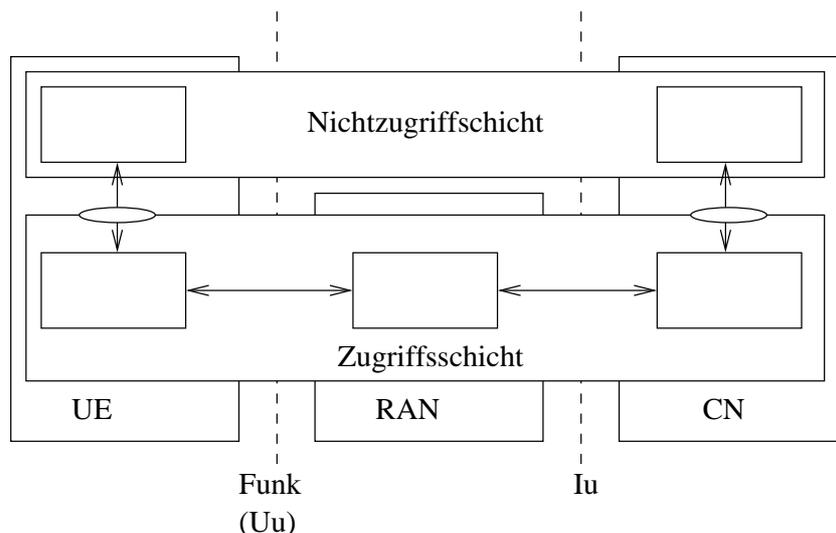


Abbildung 5.1: Abstrakte UMTS-Architektur (nach [UTRAN])

Bild 5.1 visualisiert diese Architektur. Neben den drei genannten Bestandteilen kann man zwei Schichten ausmachen: Die Zugriffsschicht und die Nichtzugriffsschicht (*Non Access Stratum*, NAS). „Zugriff“ meint in diesem Zusammenhang den Zugriff auf das Übertragungsmedium;

in diesem ist das die Funkübertragung. Die Nichtzugriffsschicht ist, im Gegensatz zur Zugriffsschicht, unabhängig vom eingesetzten Zugangnetz und damit von der eingesetzten Übertragungstechnologie. Die Zugriffsschicht bietet der NAS Dienste zur Übertragung von Signalisierungs- und Nutzdaten an.

## 5.1 Einteilung des Systems in Domänen

Eine feingliedrigere Einteilung eines UMTS-Mobilfunknetzes in verschiedene Bereiche, sogenannte Domänen, und die zwischen den Bereichen benutzten Bezugspunkte<sup>1</sup> zeigt Abbildung 5.2. Es folgt eine nähere Erläuterung der einzelnen Bereiche.

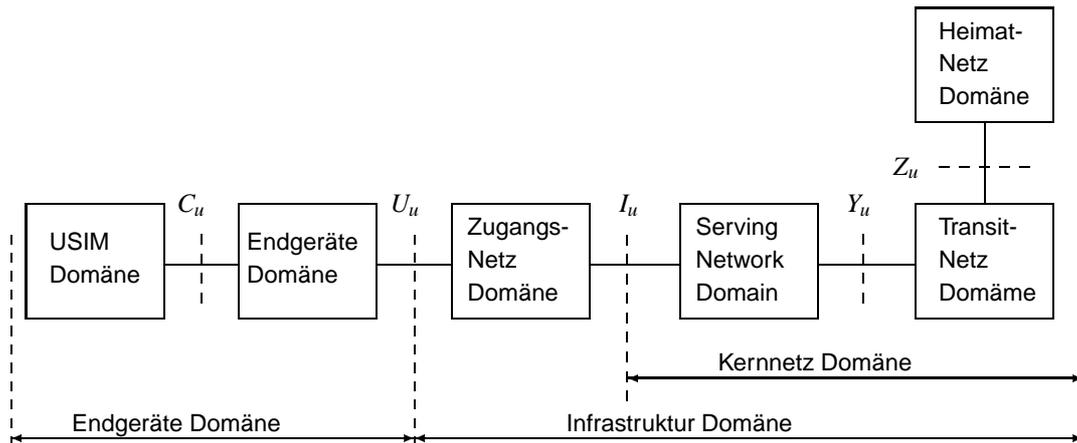


Abbildung 5.2: Einteilung des UMTS in Bereiche und Bezugspunkte (nach [Wal00])

### 5.1.1 Endgeräte-Domäne

Das UMTS Teilnehmeridentitätsmodul (*UMTS Subscriber Identity Modul*, USIM) beinhaltet alle notwendigen Funktionen und Informationen, um die Kommunikation über die Funkschnittstelle zu verschlüsseln und das Endgerät bzw. den Teilnehmer gegenüber dem Netz zu authentifizieren. Es ist ein Computerchip und meist auf einer kleinen Plastik-Karte untergebracht, welche in das Endgerät gesteckt wird. Der Bezugspunkt zwischen USIM-Karte und Endgerät wird mit  $C_u$  bezeichnet und in dieser Arbeit nicht weiter betrachtet. Dagegen wird auf den Bezugspunkt  $U_u$  zwischen dem Endgerät und dem Zugangnetz ausführlich in Abschnitt 7.3 eingegangen.

### 5.1.2 Zugangnetz-Domäne

Das Zugangnetz verbindet den Teilnehmer mit dem UMTS-Transportnetz. Es besteht entweder aus dem *UMTS Terrestrial Radio Access Network* (UTRAN) oder durch ein GSM BSS, d.h. einer GSM/GPRS Kombination. Geplant ist auch ein satellitengestütztes Zugangnetz; dieses betrachte ich jedoch in dieser Arbeit nicht. Das UTRAN wird ausführlich in Kapitel 7 behandelt.

<sup>1</sup>Die Verbindung zwischen zwei funktionalen Einheiten. Die Implementation wird Schnittstelle genannt. Die Begriffe Bezugspunkt und Schnittstelle werden in dieser Arbeit synonym gebraucht.

### 5.1.3 Kernnetz-Domäne

Das Kernnetz kann in UMTS aus verschiedenen Transportnetzen bestehen, z. B. GSM, öffentlichen Datennetzen (z. B. Internet) und Schmal- oder Breitband-ISDN. Diese Netze sind mittels Netzübergänge, den sog. Übergangseinheiten, miteinander verbunden.

Wie in Abbildung 5.2 dargestellt, ist die Kernnetz-Domäne in Unterbereiche eingeteilt. Die *Serving Network Domain* ist mittels des  $I_u$  Bezugspunktes mit dem Zugangsnetz verbunden. Sie beinhaltet alle Funktionen, die vom Aufenthaltsort des Teilnehmers innerhalb des Netzes abhängen. Darüber hinaus vermittelt die *Serving Network Domain* verbindungsorientierte und verbindungslose Verbindungen.

Die Heimnetz-Domäne beinhaltet alle Funktionen, die nicht vom Aufenthaltsort des Teilnehmers abhängen. Dazu gehört zum Beispiel die Verwaltung von Informationen über einen Teilnehmer. Aber auch ortsabhängige Funktionen, die nicht vom *Serving Network Domain* erbracht werden, sind hier angesiedelt. Die wesentlichen Funktionen, die zur Erbringung von Diensten durch *Service Provider* notwendig sind, befinden sich in der Heimnetz-Domäne.

Die Transitnetz-Domäne realisiert die Schnittstelle zu anderen Netzen.

Das CN kann zusätzlich unterteilt werden in den verbindungsorientierten Teil (*circuit switched backbone*) und den verbindungsorientierten Teil (*packet switched backbone*). Ersterer wird für Sprachdienste benutzt, während letzterer für Datendienste benötigt wird.

## 5.2 Einteilung des Systems in funktionale Komponenten

Es folgt eine kurze Beschreibung der einzelnen Komponenten, die in Abbildung 5.3 dargestellt sind.

### 5.2.1 Komponenten der Endgeräte-Domäne

**Endgerät (User Equipment, UE)** Stellt die mobile Endgeräteeinheit dar und umfaßt die mobile Einheit (ME) und die (U)SIM-Karte.

**(U)SIM** Die Komponente, die mindestens den Teilnehmer identifiziert (Teilnehmeridentitätsmodul) und üblicherweise auch teilnehmerspezifische Einstellungen speichern kann (z. B. Telefonbucheinträge).

**Mobile Einheit (ME)** Die Komponente, die mit dem Mobilfunknetzwerk kommuniziert.

Auf die Endgeräte-Domäne gehe ich in dieser Arbeit nicht weiter ein.

### 5.2.2 Komponenten der Zugangsnetz-Domäne

Die Abbildung 5.3 zeigt zwischen den Bezugspunkten  $U_u$  und  $I_u$  das UTRAN, welches aus folgenden Komponenten besteht:

**Funknetzteilsystem (Radio Network Subsystem, RNS)** Eine Komponente, die aus genau einer Funknetzsteuerung und mehreren *Node B* besteht.

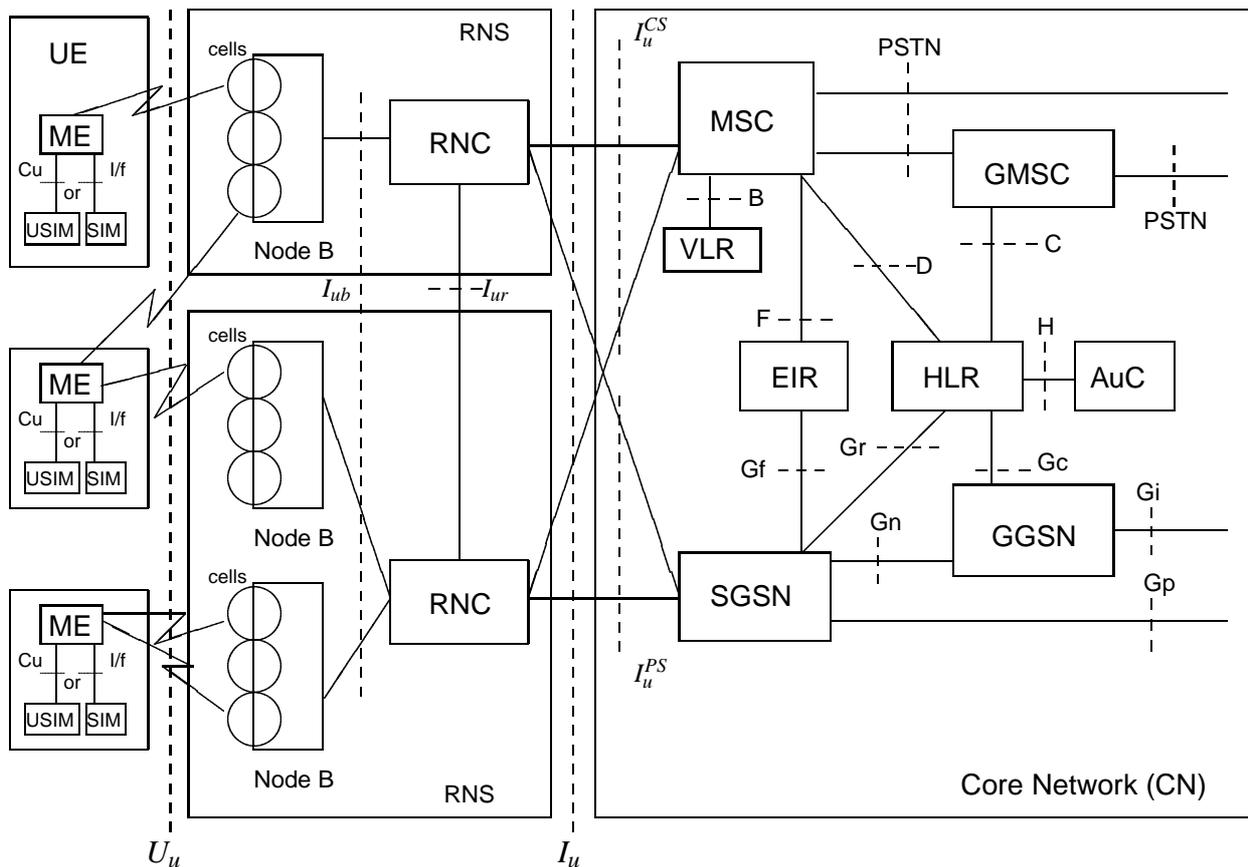


Abbildung 5.3: Die wichtigsten Komponenten der UMTS-Architektur (nach [Wal00])

**Funknetzsteuerung (Radio Network Controller, RNC)** Diese Komponente verwaltet die Funkbetriebsmittel und koordiniert die zugehörigen *Node Bs*.

**Node B** Diese Komponente implementiert die Funkübertragung in den zugeordneten Zellen. Sie kann mehrere Zellen bedienen.

**Zelle** Das Sende- und Empfangsgebiet ist in Zellen eingeteilt, wobei sich bei UMTS mehrere Zellen überdecken können. Es gibt folgenden Typen von Zellen: Makrozellen, Mikrozellen und Pikozellen. Die Zelltypen unterscheiden sich in der geographischen Ausdehnung der von ihnen versorgten Flächen [Rad01]:

- Makrozellen bedienen ein großes Areal mit Durchmessern von bis zu mehreren Kilometern und dienen der flächendeckenden Grundversorgung. Die Antennen sind so installiert, daß sie über die umherstehenden Gebäude und Geländemerkmale hinausragen.
- Mikrozellen haben eine Radius von bis zu einem Kilometer. Sie werden eingesetzt, um lokale Funklöcher und Kapazitätsengpässe urbaner und suburbaner Makrozellen zu füllen bzw. zu beheben. Die Antennen werden auf Straßenebene montiert (z. B. an Hauswänden) und haben eine kleinere Sendeleistung als Makrozellen, typischerweise einige Watt.

- Pikozellen befinden sich innerhalb von Gebäuden, in denen die Funkabdeckung durch Makro- oder Mikrozellen gering ist oder in denen sich viele Nutzer befinden.

Allgemein gilt: Je niedriger die Hierarchieebene der Zelle, desto kleiner ist ihr Radius. Dabei erlauben kleinere Zellen eine größere Teilnehmerdichte: da die Übertragungswege kürzer sind, ist die Übertragung weniger durch Störeinflüsse beeinträchtigt als bei größeren Zellen. Da weniger Störeinflüsse kompensiert werden müssen, ist weniger Redundanz bei der Übertragung notwendig. Die dadurch eingesparten Funkressourcen stehen anderen Teilnehmern zur Verfügung.

Die Art der Zelle bestimmt auch über die minimalen Datenraten, die innerhalb dieser Zelle zur Verfügung steht. Siehe hierzu Abschnitt 4.3.

### 5.2.3 Komponenten der Kernnetz-Domäne

Das Kernnetz besteht aus folgenden Komponenten:

**Mobilvermittlungsstelle (MSC)** Dies ist die zentrale Komponente im verbindungsorientierten Teil des CNs und stellt eine digitale ISDN-Vermittlungsstelle dar. Ein MSC verwaltet einen bestimmten geographischen Bereich und kann auch Gespräche zu anderen MSCs und in anderen Telefonnetze (Fest- und Mobilfunknetze) vermitteln.

**Heimatdatei (HLR)** In dieser Datenbank werden für jeden Teilnehmer alle signifikanten Daten aufbewahrt, die vom Aufenthaltsort des Teilnehmers unabhängig sind (z. B. Telefonnummer, Tarifmodell usw.). Außerdem enthält sie einen Verweis auf das VLR, in dessen Bereich sich der Teilnehmer aufhält. Jeder Teilnehmer hat bei genau einer HLR einen Eintrag.

**Besucherdatei (VLR)** Die aus Betriebssicht wichtigsten Daten eines Teilnehmers, der sich in diesem Teil des Netzwerkes nur zeitweilig aufhält, werden in dieser Datenbank aufbewahrt (z. B. Authentifizierungsdaten). Außerdem enthält sie Informationen über den Aufenthaltsort des Endgerätes. Wie im GSM-System besitzt jedes MSC eine VLR und umgekehrt. Die VLR verwaltet die Daten aller Teilnehmer, die sich im Zuständigkeitsbereich des zugehörigen MSC aufhalten.

**Authentisierungszentrum (AuC)** Die hier gespeicherten Daten dienen dem Schutz der Teilnehmeridentität und seiner Mobilfunkverbindung. Zu diesen Daten gehören zum Beispiel Informationen über den verwendeten Authentifizierungsalgorithmus.

**Geräte-Identifizierungsregister (EIR)** Diese Datenbank enthält Informationen über Teilnehmer- und Geräteknennungsnummern. Mittels dieser Datenbank können z. B. gestohlene Endgeräte im Auftrag des Teilnehmers gesperrt werden.

**Serving GPRS Support Node (SGSN)** Ähnlich wie die MSC ist die SGSN für ein bestimmtes geographisch Versorgungsgebiet zuständig. Es leitet alle Datenpakete weiter, die von Endgeräten aus diesem Gebiet kommen bzw. an Endgeräte in diesem Gebiet gesendet werden. Zudem ist es für das Sitzungsmanagement, Mobilitätsmanagement und die Verbindung zu den anderen funktionalen Komponenten innerhalb des UMTS-Systems zuständig.

**Gateway GPRS Support Node (GGSN)** Diese Komponente verbindet das Kernnetz mit einem oder mehreren externen Datennetzen. Das externe Datennetz kann ein Internetdienstanbieter (*Internet Service Provider*, ISP) sein, also die Verbindung mit dem Internet, oder ein privates Datennetz (Intranet). Das GGSN muß alle Daten-Pakete in Richtung externes Netz in dieses leiten und alle eingehenden Pakete an die entsprechende SGSN. Dabei können Pakete auch gefiltert werden.

# 6 Die UMTS-Funkübertragungsverfahren

## 6.1 Die Codemultiplex-Technik (CDMA)

Das von UMTS benutzte Verfahren zur Zuteilung von Funkkanälen innerhalb eines definierten Frequenzbandes basiert auf der Breitband-Codemultiplex-Vielfachzugriff (*Wideband Code Division Multiple Access*, W-CDMA) genannten Technik. Dabei wird das schmalbandige Funksignal, das die zu übertragenden Daten enthält, auf der Senderseite so kodiert, daß es auf ein breitbandiges Signal abgebildet (gespreizt) wird. In dem gleichen Frequenzband, in dem dieses breitbandige Signal übertragen wird, werden gleichzeitig auch Signale der anderen Teilnehmer übertragen.

Jedem Teilnehmer wird eine Kodiervorschrift, mit der das Ausgangssignal gespreizt wird, zugewiesen. Durch die gleichzeitige Übertragung mehrere Signale im gleichen Frequenzband werden Interferenzen erzeugt. Die Spreizcodes müssen so gewählt werden, daß diese Interferenzen minimal bleiben. Codes, die sogenanntes orthogonales Pseudo-Rauschen (*Pseudo Noise*) beinhalten, erfüllen diese Bedingung.

Was sind orthogonale Codes? Dazu ein kleiner Ausflug in die Signaltheorie. Ein  $N$ -dimensionaler Signalraum  $[\Psi_1(t), \Psi(t), \dots, \Psi_N(t)]$  mit

$$\int_0^T \Psi_i(t) \Psi_k(t) dt = K_i \delta_{ik} \quad \text{mit} \quad \begin{cases} i, k \in \{1, \dots, N\}, \\ 0 \leq t \leq T, \\ \delta_{ik} = \begin{cases} 1 & i = k \\ 0 & \text{sonst} \end{cases} \end{cases} \quad (6.1)$$

wird aufgespannt durch  $N$  Basisfunktionen  $\Psi_i(t)$ . Diese Basisfunktionen stellen im Fall der Spreizspektrum-Technik Code-Sequenzen dar. Für  $K_i \neq 0$  handelt es sich um einen *orthogonalen* Signalraum, für  $K_i = 1$  um einen *orthonormierten* Signalraum. In diesen Fällen sind die  $\Psi_i(t)$  demnach orthogonale Codes.

Ein Nutzsignal  $d_i(t)$  wird gespreizt, in dem es mit der Code-Sequenz multipliziert wird; es ergibt sich das Übertragungssignal  $s_i(t)$ :

$$s_i(t) = d_i(t) \cdot \Psi_i(t).$$

Bei  $N$  Nutzern bzw. Kanälen – wobei jedem Nutzer eine Code-Sequenz zugeordnet wird – addieren sich die einzelnen Signale zum Gesamtsignal  $s(t)$ :

$$s(t) = \sum_{v=1}^N s_v(t) = \sum_{v=1}^N d_v(t) \Psi_v(t).$$

Unter der Voraussetzung, daß die  $\Psi_k(t)$  orthogonal sind, erhält man aus  $s(t)$  das ursprüngliche Signal  $d_i(t)$ , indem man das Signal  $s(t)$  mit der Basisfunktion bzw. Code-Sequenz  $\Psi_i(t)$  multipli-

ziert und anschließend integriert (dies wird auch Korrelation genannt):

$$\int_0^T \sum_{v=1}^N s_v(t) \cdot \Psi_i(t) dt = \sum_{v=1}^N d_v(t) \int_0^T \Psi_v(t) \Psi_i(t) dt \quad (6.2)$$

Dieser Ausdruck entspricht mit Gleichung 6.1 dem Ausdruck  $d_i(t) \cdot K_i$ , d.h. wir haben das Ausgangssignal wiedergewonnen.

Allerdings ist es problematisch, Code-Sequenzen zu finden, die wirklich orthogonal sind. In der Praxis muß man eine gewisse Nicht-Orthogonalität, was mit Interferenzen gleichzusetzen ist, hinnehmen. Dies erhöht den Dekodierungsaufwand im Empfänger.

Bei einer bestimmten Variante der Spreiz-Spektrum-Technik, der sog. *Direct-Sequence-Technik*, geschieht Senden und Empfangen wie folgt: Das Nutzsignal wird zunächst moduliert. Dann wird das resultierende Signal mit dem Spreiz-Spektrum-Signal (Spreiz-Spektrum-Code)  $\Psi_i(t)$  multipliziert und übertragen. Das Übertragungssignal kann durch äußere Einflüsse gestört werden. Der Empfänger korreliert das empfangene Signal  $s(t)$  mit dem Spreiz-Spektrum-Signal  $\Psi_i(t)$  (der Code-Sequenz), und gewinnt so das modulierte Ausgangssignal wieder, wie in Gleichung 6.2 angegeben. Sender und Empfänger müssen die gleiche Code-Sequenz synchron nutzen. Allerdings ist eine explizite Synchronisation nicht notwendig, da die W-CDMA-Technik selbstsynchronisierend ist.

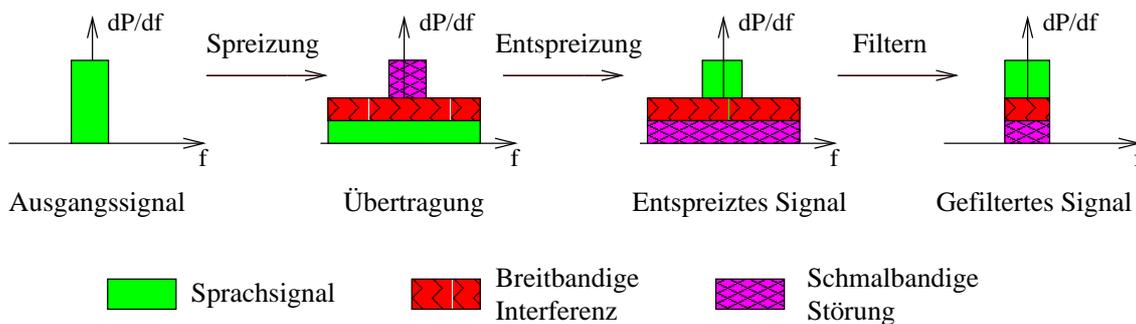


Abbildung 6.1: Funkübertragung mit W-CDMA

Abbildung 6.1 zeigt, wie bei der Kodierung das schmalbandige Signal auf ein breites Frequenzband gespreizt wird, wobei die spektrale Dichte, d. h. die Leistung pro Bandbreite-Einheit (gemessen in W/Hz) verringert wird. Bei der Übertragung wird das gespreizte Signal von anderen Interferenzen überlagert. Bei der Dekodierung (Entspreizung) wird das Signal auf seine ursprüngliche Bandbreite reduziert, die Interferenzen bleiben jedoch breitbandig, so daß das ursprüngliche Signal leicht erkannt wird. Schmalbandige Störungen werden beim Vorgang des Entspreizens ihrerseits gespreizt.

Je mehr Kanäle über das gleiche Frequenzband übertragen werden, desto mehr Interferenzen (Rauschen) treten auf. Unterschreitet das Signal-zu-Rausch-Verhältnis einen bestimmten Wert (d.h. nehmen die Interferenzen überhand), so kann der Empfänger das Ursprungssignal nicht mehr dekodieren. Damit ist die Anzahl der Teilnehmer, die das gleiche Frequenzband nutzen können, begrenzt. Zudem ergibt sich mit steigender Zahl von Kanälen eine sinkende Dienstgüte, da die Interferenzen zunehmen und damit die Fehlerrate steigt. Diesen Effekt nennt man *Graceful Degradation*.

Durch die Spreizung des Signals wird wesentlich weniger Sendeleistung pro Bandbreite-Einheit als bei der Übertragung des schmalbandigen Signals benötigt. Zudem ist das breitbandige Signal störungssicherer – sowohl gegen atmosphärische als auch gegen gezielte Störungen. Ein Störsender müßte eine hohe Sendeleistung aufwenden, um das gesamte breitbandige Frequenzspektrum zu stören. Um gezielt einen Kanal zu stören, müßte dem Störsender die Kodiervorschrift des Kanals bekannt sein. Ein weiterer Vorteil von W-CDMA ist die automatische Verschlüsselung der übertragenen Daten. Außerdem benötigen W-CDMA-Systeme keine Zeitsynchronisation der verschiedenen Sender, wie es etwa im GSM-System erforderlich ist. Ein W-CDMA-System ist aufgrund der Codes selbstsynchronisierend.

Problematisch für W-CDMA-Systeme sind vor allem die Entwicklung von Codesequenzen, deren Anwendung minimale Interferenzen erzeugen, und das sogenannte Nah/Fern-Problem. Alle beim Empfänger einfallenden Signale müssen ungefähr (genauer: auf 1 dB exakt) gleichstark vorliegen. Andernfalls unterdrückt das stärkere Signal das schwächere.

[BFMS01] stellt hierzu eine Analogie auf: Eine Menge von Leuten stehen in einem Raum und unterhalten sich paarweise, wobei die Paare nicht unbedingt nahe beieinander stehen. Um sich dennoch zu unterhalten, benutzt jedes Paar eine andere Sprache, d.h. die Kommunikation wird kodiert. Solange sich die Paare in gleicher Lautstärke unterhalten, könne man sich eine derartige Kommunikation vorstellen. Sobald jedoch ein Anwesender seine Lautstärke erhöht, übertönt er die anderen Sprechenden.

Bemerkenswert ist die Tatsache, daß die Signale *beim Empfänger* gleich stark ankommen müssen. Aufgrund der entfernungsabhängigen Dämpfung der Funksignale bedeutet dies, daß nicht einfach alle Sender mit gleicher Leistung senden können, sondern ihre Sendleistung an die Entfernung zur Empfangsstation anpassen müssen. Dazu ist eine schnelle, adaptive Leistungssteuerung der Sender durch den Empfänger (*Power Control*) nötig.

Mehr Informationen zum CDMA-Verfahren, z. B. zu verschiedenen Spreiz- und Dekodieretechniken, bieten [DB96], [PMK00] und [Wal00]. Am tiefsten führt [Goi98] in das Thema ein.

Duplex, d.h. die getrennte Hin- und Rückübertragung von Daten, wird im UMTS durch zwei verschiedene Verfahren realisiert, die jeweils W-CDMA mit einem anderen Multiplexverfahren kombinieren. Da diese Unterscheidung weitreichende Folgen hat, etwa in der unterschiedlich Behandlung in der Bitübertragungsschicht im Protokollstapel der Funkübertragungsschnittstelle, spricht man auch von zwei verschiedenen Modi. So kann etwa jede Zelle in nur einem der beiden Modi arbeiten.

Ein graphischer Vergleich der Vielfachzugriffverfahren, wie sie in den beiden nachfolgend vorgestellten Modi benutzt werden, zeigt die Abbildung 6.2. Dabei deuten die verschiedenen farbigen Blöcke einzelne Kanäle an. Die Abbildung verdeutlicht, wie diese Kanäle voneinander getrennt werden.

### 6.2 Der FDD-Modus

Im Frequenzteilungsduplex (*Frequency Division Duplex, FDD*) -Modus wird W-CDMA mit dem Vielfachzugriffsverfahren Frequenzvielfachzugriff (*Frequency Division Multiple Access, FDMA*) verknüpft. Hierbei werden Signale in den verschiedenen Übertragungsrichtungen auf verschiedenen Frequenzbändern realisiert: z. B. wird ein bidirektionaler Kanal in einer Richtung auf dem einen Frequenzband, in der anderen Richtung auf einem anderen Frequenzband übertragen. Daher spricht man auch von gepaarten Bändern (*paired-bands*). Diese Technik ist vor allem für Dienste

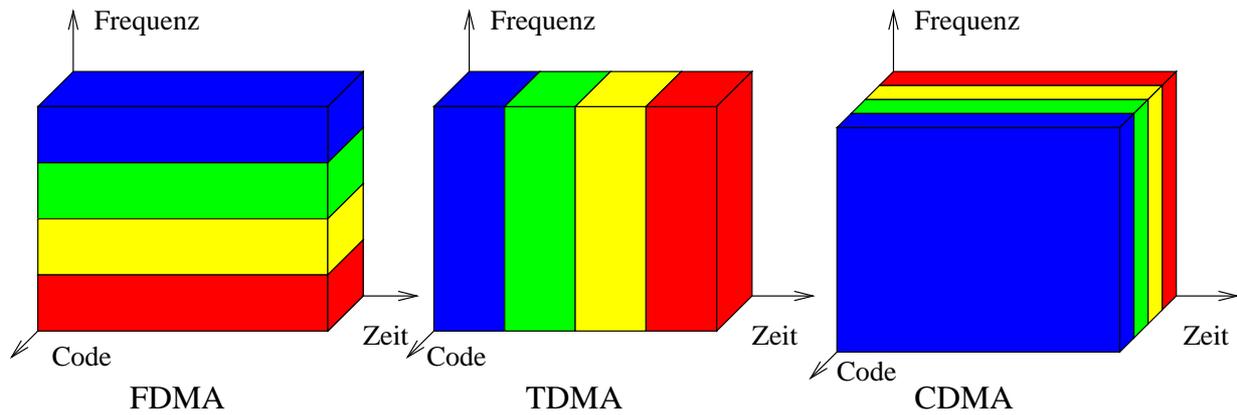


Abbildung 6.2: Unterschiede zwischen FDMA, TDMA und CDMA

geeignet, deren Übertragungsraten in beide Übertragungsrichtungen gleich sind, z. B. Sprach- und Videotelephonie.

Der Frequenzabstand zwischen zwei Frequenzkanälen (FDMA-Kanälen) beträgt zwischen 4,4 MHz und 5 MHz. Da es mehr als zwei solcher FDMA-Kanäle gibt, ist es möglich, daß auch Signale in die gleiche Richtung auf unterschiedlichen Frequenzbändern übertragen werden.

Ein FDMA-Kanal ist zeitlich in Rahmen von 10 ms eingeteilt, die wiederum aus je 15 Zeitschlitzten bestehen. Diese Einteilung dient jedoch nicht der Trennung von Nutzersignalen, sondern zur Übertragung periodischer Informationen wie Leistungssteuerung oder *Handover*.

### 6.3 Der TDD-Modus

Im Zeiteilungsduplex (*Time Division Duplex, TDD*) -Modus wird W-CDMA mit dem Vielfachzugriffsverfahren Zeitvielfachzugriff (*Time Division Multiple Access, TDMA*) verknüpft. Hierbei wird jedem Kanal einer oder mehrerer Zeitschlitzte in einem Rahmen zugeordnet. Nur innerhalb der Zeit, in der der entsprechende Zeitschlitz aktiv ist, darf auf dem Kanal gesendet bzw. empfangen werden. Ein Rahmen hat eine Länge von 10 ms und ist in 15 Zeitschlitzte unterteilt. Innerhalb eines Zeitschlitzes können bis zu 16 W-CDMA Kanäle realisiert werden. Jeder Zeitschlitz kann, unabhängig von den anderen, der Aufwärtsstrecke (Übertragungsrichtung UE zum Netz) oder der Abwärtsstrecke (Übertragungsrichtung Netz zum UE) zugewiesen werden. Aus diesem Grund eignet sich der TDD-Modus besonders für Dienste mit asymmetrischen Übertragungsraten.

# 7 Das UMTS Funkzugriffsnetz

## 7.1 Architektur

### 7.1.1 Komponenten des UTRAN

Das UTRAN ist aus einer Anzahl von Funknetzteilssystemen aufgebaut. Wie Abbildung 5.3 auf Seite 19, besteht jedes RNS aus einer Funknetzsteuerung, welches mit einer Anzahl von *Node B* verbunden ist. Jedes *Node B* wiederum kann eine oder mehrere Zellen bedienen. Die Funknetzsteuerung ersetzt im UMTS die Feststationssteuerung im GSM, das *Node B* entspricht in seiner Funktionalität ungefähr der Funkfeststation im GSM.

UMTS definiert vier neue Bezugspunkte:

- $U_u$ : der Bezugspunkt zwischen Endgeräte und *Node B* (die UMTS-Luftschnittstelle),
- $I_u$ : der Bezugspunkt zwischen RNC und Kernnetz, unterteilt in
  - $I_u^{CS}$  für verbindungsorientiert vermittelte Daten und
  - $I_u^{PS}$  für verbindungslos vermittelte Daten,
- $I_{ub}$ : der Bezugspunkt zwischen RNC zu *Node B* und
- $I_{ur}$ : der Bezugspunkt zwischen RNC zu RNC.

Der  $I_{ur}$ -Bezugspunkt hat keine Entsprechung im GSM. Er erlaubt kontinuierliche Mobilität und nimmt damit dem Kernnetz verglichen mit dem Vermittlungsteilnetz eines GSM-Netzes Arbeit ab.

Der Standard sieht vor, daß UTRAN und CN die Transporttechnologie Asynchroner Übertragungsmodus (*Asynchronous Transfer Mode*, ATM) zur Übertragung zwischen den Komponenten benutzt. ATM ist flexibel und kann mittels der sogenannten ATM Adaptionsschicht (*ATM Adaption Layer*, AAL) an Verkehr mit den unterschiedlichsten Charakteristika angepaßt werden.  $I_{ub}$ ,  $I_{ur}$  und  $I_u^{CS}$  nutzen AAL 2;  $I_u^{PS}$  nutzt IP-über-AAL 5.

### 7.1.2 Allgemeines Protokoll-Modell für die UTRAN Schnittstellen

Wie Abbildung 7.1 zeigt, besteht die UTRAN Schnittstelle aus einer Anzahl von horizontalen Schichten und vertikalen Ebenen ([BFMS01],[Tek01]). Die Schichten und Ebenen sind logisch unabhängig voneinander, so daß auf einfache Weise Änderungen an einer Schicht oder Ebene vorgenommen werden können, sofern dies notwendig sein sollte.

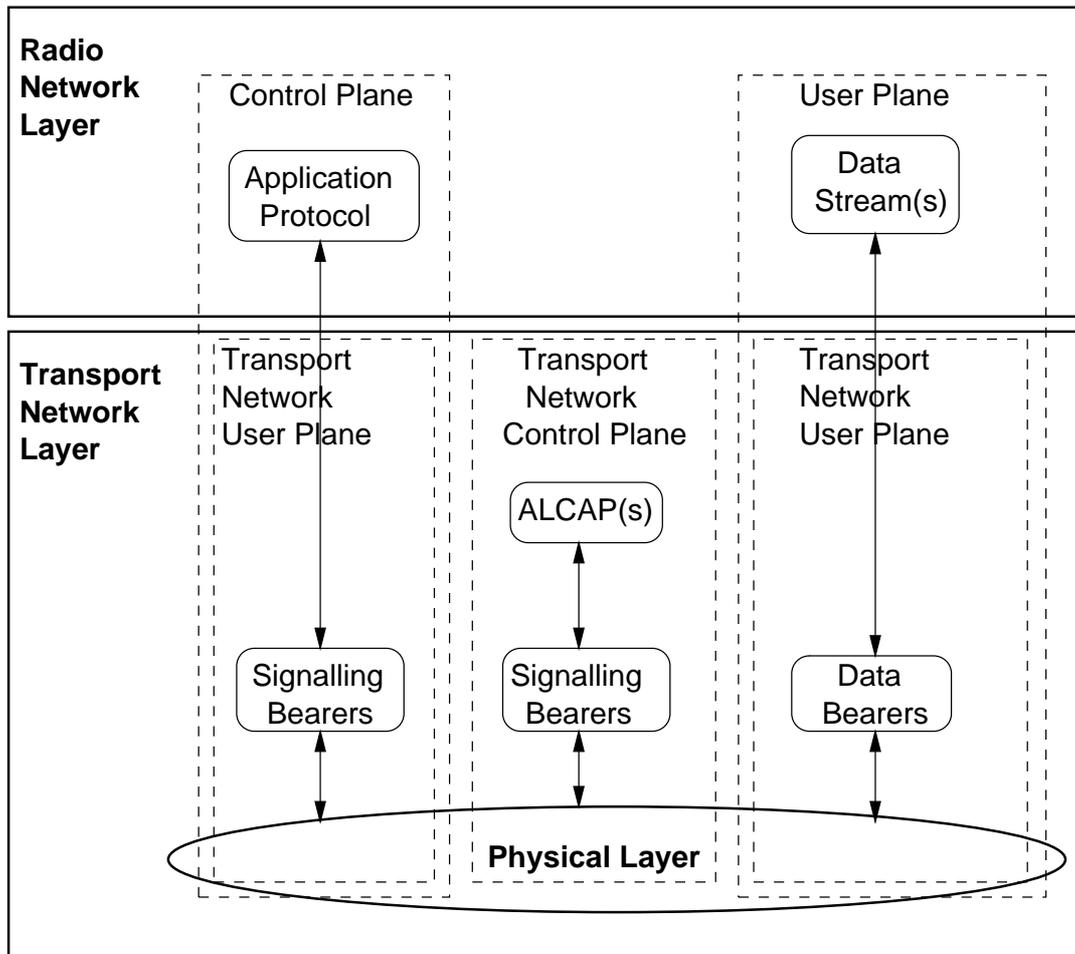


Abbildung 7.1: Allgemeines UTRAN-Protokoll-Modell (aus [UTRAN])

Die Protokoll-Struktur besteht aus zwei Hauptschichten, der Funknetzschiicht und der Transportnetzschiicht. Letztere besteht aus einer ausgewählten Standard-Transporttechnologie, die jedoch nicht extra angepaßt wurde. Alle Anpassungen (wie etwa neue Protokolle) betreffen die Funknetzschiicht.

Die Steuerebene beinhaltet die Anwendungsprotokolle und die Signalisierungsträger, die Anwendungsprotokoll-Nachrichten transportieren. Für jeden  $I_{ux}$ -Bezugspunkt gibt es ein Anwendungsprotokoll. Mit den Anwendungsprotokollen werden UMTS-spezifische Signalisierungs- und Steuerdaten innerhalb des UTRAN übertragen. Unter anderem werden die Anwendungsprotokolle benutzt, um Träger (*bearer*) in der Funknetzschiicht aufzubauen. Ein Träger ist ein Dienst, den eine niedrigere Schicht einer höheren anbietet, der dazu dient, Daten der höheren Schicht zu transportieren. Die Signalisierungsträger für Anwendungsprotokolle der Steuerebene können vom selben Typ sein wie die Signalisierungsträger für das *Access Link Control Application Protocol* (ALCAP), müssen es aber nicht. Die Signalisierungsträger werden während des Betriebes vom Betreiber eingerichtet.

Die Nutzerebene beinhaltet Datenströme sowie Datenträger (*data bearers*), die diese Datenströme transportieren. Die Datenströme übertragen transparent Nutzerdaten höherer Schichten. Datenträger werden von der Transportnetz-Steuerebene erzeugt.

Die Transportnetz-Steurebene beinhaltet keine Informationen der Funknetzschicht. Sie beinhaltet das oder die ALCAP-Protokoll(e), die benötigt werden, um Datenträger für die Nutzerebene einzurichten. ALCAP ist eine generischer Bezeichnung für eine Menge von Protokollen mit dem Ziel, die Auswahl der Datenträger-Technologie von der Steuerebene zu trennen. Dadurch ist das Anwendungsprotokoll in der Funknetz-Steurebene völlig unabhängig von der gewählten Technologie für die Datenträger in der Nutzerebene.

Wenn die Transportnetz-Steurebene benutzt wird, werden Transportträger für die Datenträger in der Nutzerebene wie folgt erzeugt. Das Anwendungsprotokoll der Steuerebene initiiert die Erzeugung eines Datenträgers durch das ALCAP. Dieser Datenträger ist spezifisch für die Technologie der Nutzerebene.

Mit der Nutzung von ALCAP wird die Unabhängigkeit von Kontroll- und Nutzerebene erreicht. In einigen Fällen werden jedoch vorkonfigurierte Datenträger benutzt, so daß die Nutzung von ALCAP nicht notwendig ist. In diesem Fall wird die Transportnetzwerk-Steurebene überhaupt nicht benutzt. Lediglich in den  $I_u^{CS}$ -,  $I_{ur}$ - und  $I_{ub}$ -Schnittstellen ist eine Transportnetzwerk-Steurebene vorhanden. ALCAP wird in der Praxis durch AAL 2 implementiert.

Die Datenträger der Nutzerebene und die Signalisierungsträger für die Anwendungsprotokolle gehören zur Transportnetzwerk-Nutzerebene. Die Datenträger werden, wie in den vorangegangenen Abschnitten beschrieben, direkt durch die Transportnetzwerk-Steurebene kontrolliert.

## 7.2 Funktionen des UTRAN

Ich gebe nun einen Überblick über die Funktionen, die das UTRAN erbringt.

**Zugriffssteuerung** Die Zugriffssteuerung stellt sicher, daß das Funknetz nicht überlastet wird, indem z. B. Anmeldungen von Endgeräten u. U. abgewiesen werden. Dazu werden ständig Interferenzmessungen vorgenommen. Die Zugriffssteuerung wird von der Schicht zur Funkbetriebsmittelverwaltung (*Radio Resource Management, RRM*) im Funknetzsteuerung vorgenommen.

**Überlastungssteuerung** Treten trotz Vorkehrungen der Zugriffssteuerung Überlastungen auf, so sorgt die Überlastungssteuerung dafür, das System so unbemerkt von den Teilnehmern wie möglich in einen stabilen Zustand zu bringen.

**Rundsenden von Systeminformationen** Diese Funktion stellt dem Endgerät alle zum Betrieb notwendigen Informationen bereit.

**Verschlüsselung auf dem Funkkanal** Verschlüsselung der über die Funkschnittstelle übertragenen Signale mittels eines sitzungsspezifischen Schlüssels.

**Handover** Das *Handover* implementiert die Mobilitätsverwaltung an der Luftschnittstelle: die bestehenden Verbindungen zu einem Endgerät werden bei Ortsveränderung von einer Zelle zur nächsten Zelle weitergegeben. Dabei können die beiden Zellen verschiedenen *Node B* oder sogar verschiedenen RNS zugeordnet sein. Dies soll auch über Netzgrenzen hinaus funktionieren, z. B. von bzw. in ein GSM-Netz. Darüber hinaus dient die Funktion dazu, eine vom CN geforderte Dienstgüte einzuhalten. *Handover* ist auch im Endgerät implementiert, d. h. auch das UE kann entscheiden, ob und wann es eine *Handover*-Prozedur einleitet (z. B. anhand von Funkmessungen).

**Makrodiversität** erlaubt es einem Endgerät, einen Datenstrom gleichzeitig an mehreren Zellen zu senden bzw. von mehreren Zellen gleichzeitig zu empfangen. Dies spart Übertragungsleistung, ermöglicht eine verbesserte Fehlerkorrektur und erhöhte Datenraten. *Soft-Handover* wird durch Makrodiversität implementiert: bevor das UE die Verbindung von Zelle A auf Zelle B wechselt, empfängt es bereits mittels Makrodiversität den identischen Datenstrom über Zelle B, die es bereits über Zelle A empfängt. Nun ist es unproblematisch, die Verbindung zu Zelle A freizugeben. *Soft-Handover* kann nur im FDD-Modus angewendet werden. Sind an einer Verbindung mehrere RNC-Komponenten beteiligt, so bezeichnet man die primäre RNC-Komponente als *Serving Radio Network Controller* (SRNC) und alle anderen als *Drift Radio Network Controller* (DRNC). Das SRNC verwaltet die bestehende Verbindung.

**SRNC-Verlagerung** Sind mehrere RNCs an einer Verbindung mit einem Endgerät beteiligt, kann sich die Rolle des jeweiligen RNCs im Laufe der Verbindung ändern. Da Ende-zu-Ende-Verbindungen zwischen Endgerät und Kernnetz genau einen  $I_u$ -Bezugspunkt erfordern, muß bei einem SRNC-Wechsel auch ein Wechsel der  $I_u$ -Schnittstelle gegenüber dem Kernnetz vorgenommen werden. Näheres zu dieser Problematik findet sich in Kapitel 8.

**Konfiguration des Funknetzes** Diese Funktion beinhaltet die Konfiguration der Funkzellen und der gemeinsamen Transportkanäle sowie die (De)Aktivierung von Funkressourcen in den Zellen.

**Funkkanalmessungen** Es werden eine Reihe von Parametern gemessen, um die Qualität des Funkkanals abzuschätzen. Die Meßfunktion ist sowohl im UTRAN als auch im Endgerät vorhanden.

**Funkträgersteuerung** Funkträger (*Radio Bearer*, RB) können bereitgestellt, aufgelöst und umkonfiguriert werden. Dies ist etwa zum Zwecke des Rufauf- und -abbaus notwendig.

**Funkbetriebsmittelverwaltung** Die RNC bestimmt über die Vergabe und Freigabe von Funkbetriebsmittel. Diese Funktion wird z. B. für Makrodiversität oder zur Verbesserung der Güte von Trägerdiensten verwendet.

**Datenübertragung über die Funkschnittstelle** Das UTRAN überträgt Nutz- und Steuerdaten über die Funkschnittstelle. Hierzu werden Trägerdienste auf die Funkschnittstelle abgebildet. Diese Funktion umfaßt u.a.

- Multiplexen von Trägerdiensten und Multiplexen von Endgeräten auf Funkträger,
- Segmentierung und Zusammensetzung von Nachrichten,
- bestätigte und unbestätigte Übertragung.

Detailliert gehe ich auf diese Funktionen in Abschnitt 7.3 ein.

**Leistungssteuerung** Die Steuerung der Sendeleistung dient der Reduktion von Interferenzen und damit zur Aufrechterhaltung einer vorgegebenen Verbindungsqualität. Dazu existieren zwei verschiedene Regelkreise.

**Kanalcodierung** Indem dem Datenstrom systematisch Redundanz zugefügt wird, erreicht das System eine Sicherung der Datenübertragung. Die Art der Codierung variiert für verschiedenen logische Kanäle und Trägerdienste.

**Zufallszugriff** Diese Funktion dient dem Erkennen und der Handhabung von Erst-Zufallszugriffen von Endgeräten. Aufgrund des verwendeten Protokolls ist diese Funktion auch für die Kollisionsauflösung zuständig.

### 7.3 Die $U_u$ -Schnittstelle

Die Protokolle der einzelnen Schichten der  $U_u$ -Schnittstelle werden „Funkprotokolle“ genannt, da sie auf die Nutzung von Funkbetriebsmittel ausgerichtet sind. Der folgenden Abschnitt gibt einen Überblick über die Protokollarchitektur an der  $U_u$ -Schnittstelle, der in den darauf folgenden Abschnitten vertieft wird.

#### 7.3.1 Die Protokollarchitektur

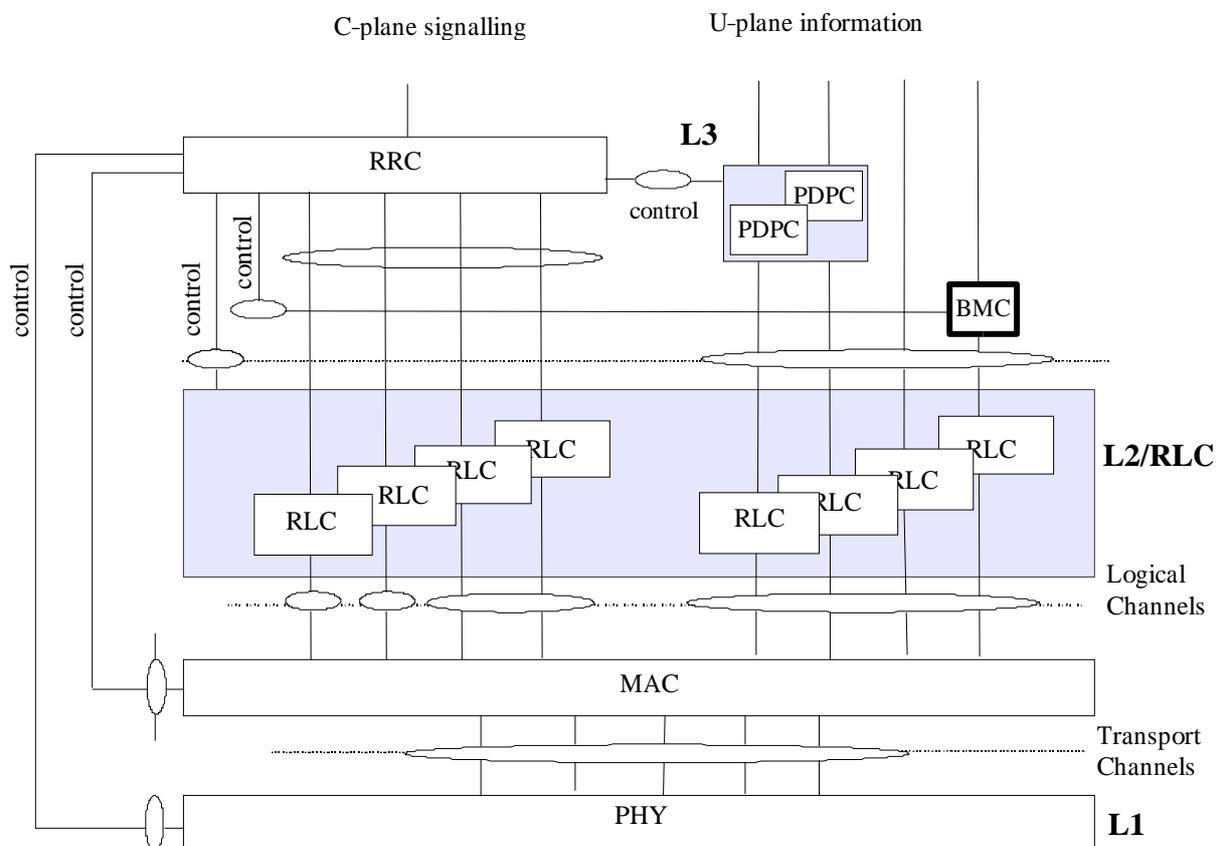


Abbildung 7.2: Schichtenarchitektur der  $U_u$ -Schnittstelle

Die Abbildung 7.2 zeigt, aus welchen Schichten die  $U_u$ -Schnittstelle besteht. Aus der Abbildung 7.1 aus dem Abschnitt 7.1.2 (siehe Seite 27), welche das allgemeine UTRAN-Protokollmodell zeigt, erkennt man die Unterteilung in Kontroll- und Nutzerebene wieder.

Die Protokolle sind einzelnen Schichten zugeordnet, welche auf denen des ISO/OSI-Referenz-Modelles basieren:

- Die Netzwerkschicht (L3)
- Die Sicherungsschicht (L2)
- Die Bitübertragungsschicht (L1)

Die Netzwerkschicht kontrolliert und verwaltet die unteren Schichten. Sie wird Funkbetriebsmittelsteuerung (*Radio Resource Control, RRC*) genannt.

Die Sicherungsschicht ist nochmals unterteilt in Rundsendesteuerung (*Broadcast/Multicast Control, BMC*) , Paketdatenkonvergenz-Protokoll (*Packet Data Convergence Protocol, PDCP*) , Funkverbinungssteuerung (*Radio Link Control, RLC*) und Mediumzugriffssteuerung (*Medium Access Control, MAC*) .

Die Bitübertragungsschicht überträgt Daten über die Luftschnittstelle. Dazu bietet sie der darüberliegenden MAC-Teilschicht sogenannte Transportkanäle. Ein Transportkanal ist definiert durch die Art, wie die Information übertragen wird. Es wird keine Unterscheidung zwischen Kontroll- und Nutzerdaten getroffen. Die Unterschiede zwischen den einzelnen Typen von Transportkanälen bestehen in den Attributen, die die Behandlung in der Bitübertragungsschicht betreffen: z. B. ob die Übertragungsrate fest oder variabel und ob Kontrolle der Übertragungsleistung möglich ist.

Die MAC-Subschicht steuert den simultanen Zugriff mehrerer Nutzer auf die geteilte Ressource „Funknetz“. Dazu bildet sie logische Kanäle, welche für die Kommunikation mit den höheren Schichten genutzt werden, auf Transportkanäle ab. Ein logischer Kanal wird durch den Typ der Information, die er überträgt, definiert. Im Gegensatz zu Transportkanälen unterscheiden logische Kanäle zwischen Daten aus der Steuerebene und Daten aus der Nutzerebene. Sie sind bidirektional, sofern es der damit übertragene Informationsfluß auch ist.

Die RLC-Teilschicht ist für die gesicherte Datenübertragung verantwortlich, kann jedoch auch Daten ungesichert und transparent übertragen. Daneben enthält es Funktionalitäten wie Einstellungen zur Dienstgüte, Verschlüsselung und Benachrichtigung über nicht-behebbarer Fehler usw. Pro Funkträger existiert eine Verbindung zwischen zwei RLC-Partnerinstanzen.

Im UMTS werden mehrere Transportprotokolle unterstützt, z. B. Internet-Protokoll Version 4 (IPv4) und Internet-Protokoll Version 6 (IPv6). Es sollen weitere hinzugefügt werden können, ohne daß dazu das UTRAN modifiziert werden muß. Das PDCP garantiert genau dies und überträgt dazu transparent Protokolldateneinheiten von Transportprotokollen und erhöht darüber hinaus durch Header-Kompression die Übertragungseffizienz.

Die BMC bietet Rundsende-Dienste (*broadcast/multicast*) innerhalb einer Zelle in der Nutzerebene an. Zum Beispiel speichert es SMS-Zellrundesende-Nachrichten und verschickt sie zu den Endgeräten.

### 7.3.2 Die Funkbetriebsmittelverwaltung

Die Funkbetriebsmittelverwaltung (RRM) ist eine Menge von Algorithmen und Prozeduren, die für das effiziente Management der Funkschicht benötigt werden. Das RRM kümmert sich um die Zell-Auswahl und die Zugriffssteuerung.

Das Hauptziel des RRM ist es, für jedes Endgerät die Leistung des ausgestrahlten Funksignals pro Bandbreite-Einheit zu minimieren. Gelingt dies nicht, sind erhöhten Interferenzen und damit zu geringerer Übertragungsqualität die Folge. Letztlich würde dies die Teilnehmerkapazität verringern, da bei W-CDMA-Systemen gilt: je mehr Interferenzen vorhanden sind, desto begrenzter ist die Teilnehmerkapazität.

Das RRM entspricht keiner einzelnen Schicht des ISO/OSI-Referenz-Modelles. Es sollte als „Zwischenschicht“ betrachtet werden, die RLC, MAC und RRC Schichten koordiniert.

### 7.3.3 Schicht 3: Die Funkbetriebsmittelsteuerung

Die Schicht 3 (RRC) der  $U_u$ -Schnittstelle ist im wesentlichen für das Management der Signalisierung im UTRAN verantwortlich. Sie besitzt u.a. folgende Funktionen:

**Rundsenden von Nachrichten** Verschiedene Informationen werden an eine Gruppe von Mobilfunkstation versendet, z. B. an alle, die sich in ein und derselben Zelle befinden. Diese Informationen werden oft periodisch verschickt. Die RRC ist zusammen mit der BMC-Schicht für das folge- und zeitrichtige Versenden dieser Art von Nachrichten zuständig.

**Funkruf** Auf Anforderung höherer Schichten sendet die RRC Funkrufnachrichten aus.

**Verbindungen zwischen RRC-Partnerinstanzen** Damit der Mobilfunkteilnehmer einen Dienst des Mobilfunknetzes in Anspruch nehmen kann, muß eine RRC-Verbindung zwischen UE und UTRAN bestehen. Der Aufbau einer solchen Verbindung wird immer von der UE angefordert. Auf- und Abbau einer RRC-Verbindung ist mit Belegung bzw. Freigabe von Funkbetriebsmitteln verbunden.

**Verwaltung von Trägerdiensten** Fordert eine höhere Schicht Datenübertragungsdienste an, so richtet die RRC in der Nutzerebene Trägerdienste ein. Für eine UE können dies auch mehrere gleichzeitig sein. Zur Konfiguration eines Trägerdienstes wird der Kontroll-Dienstzugriffspunkt (*Service Access Point*, SAP) der entsprechenden Protokollentität benutzt.

**Verwaltung von Funkbetriebsmitteln** Die RRC ist zuständig für die Verteilung der vorhandenen Funkbetriebsmittel an die einzelnen Trägerdienste.

**Steuerung der Dienstgüte** Über die Vergabe der Funkbetriebsmittel an die Trägerdienste kann die RRC die Dienstgüte letzterer steuern.

**Mobilitätsfunktionen** Die RRC-Schicht in der UE entscheidet über *Handover* und der Aktualisierung des Aufenthaltsbereiches gegenüber dem Netz.

**Erstellung und Auswertung von Meßwertberichten** Die RRC-Instanz auf der UTRAN-Seite fordert die RRC-Instanz auf der UE-Seite auf, vorgegebene Parameter zu messen. Die so erstellten Meßwertberichte werden zur Instanz im UTRAN gesendet und dort ausgewertet.

**Leistungssteuerung** Der äußere Regelkreis wird von der RRC-Instanz auf der UTRAN-Seite gesteuert.

**Zellwahl im *Idle-Mode*** Im Ruhezustand erfolgt die Wahl der zugeordneten Zelle. Diese Funktion wird von der RRC-Instanz in der UE ausgeführt.

Mit dieser Funktionalität implementiert die RRC das Funkbetriebsmittelverwaltung.

### 7.3.4 Die Sicherungsschicht

Die Sicherungsschicht (Schicht 2) besteht aus vier Teilschichten, die im folgenden einzeln betrachtet werden. Sie stellt im wesentlichen folgende Dienste zur Verfügung:

- Datenübertragung mit verschiedenen Dienstgüten,
- Verbindungsauf- und -abbau zwischen Partnerinstanzen der Sicherungsschicht,
- Rundsendedienste (*broadcast/multicast*) und
- Anpassung an nicht-UTRAN-Protokolle, z. B. TCP/IP.

### 7.3.5 Schicht 2: Das Paketdaten-Konvergenz-Protokoll

UMTS unterstützt mehrere verbreitete Netzwerkprotokolle; in Version 1999 sind dies IPv4 und IPv6. Durch diese Unterstützung können die Protokolle transparent, d. h. ohne Rücksichtnahme auf die Besonderheiten von UMTS, genutzt werden. Die Einführung neuer Netzwerkprotokolle, die über das UTRAN übertragen werden, soll möglich sein, ohne Änderungen am UTRAN vornehmen zu müssen. Darum sollen alle Funktionen, die mit der Übertragung von Paketen höherer Schichten (PDCP-Dienstdateneinheiten) verbunden sind, transparent von den UTRAN Entitäten ausgeführt werden. Dies ist eine Anforderung an die PDCP.

Eine weitere Anforderung besteht in der Bereitstellung von Funktionen zur Erhöhung der Kanaleffizienz. Dazu werden verschiedene Arten von Optimierungsmethoden implementiert. Mit Release 1999 sind dies die von der *Internet Engineering Task Force* standardisierten *Header-Kompressionsalgorithmen*.

Jede PDCP-Entität nutzt keine, eine oder mehrere *Header-Kompressionsalgorithmen* mit den dazugehörigen Parametern. Verschiedene PDCP-Entitäten können den gleichen Algorithmustyp benutzen. Diese Typen und die zugehörigen Parameter werden von der RRC vereinbart und über den PDCP-Steuerungs-SAP (C-SAP) eingestellt.

Abbildung 7.3 zeigt eine mögliche PDCP-Struktur. Jeder PDCP-SAP nutzt genau eine PDCP-Entität.

Folgende Funktionen muß die PDCP ausführen:

- *Header-Kompression* und *-Dekompression* von IP-Datenströmen (z. B. Transportkontroll-Protokoll (TCP)/IP). Die Kompressionsmethode ist spezifisch für die Kombination aus Netzwerkschichtprotokoll, Transportschichtprotokoll, und/oder Protokoll einer höheren Schicht (z. B. TCP/IP und der Kombination aus *Real Time Protocol*, *User Datagram Protocol* (UDP) und IP).
- Übertragung von Nutzerdaten, d.h. PDCP überträgt eine PDCP-Dienstdateneinheit (*Service Data Unit*, SDU) der Nichtzugriffsschicht, indem es sie an die RLC weiterreicht (Senderseite) und sie von der RLC entgegen nimmt (Empfängerseite);
- Weiterleiten von PDCP-SDUs und zugehöriger PDCP Sequenznummerierung bei verlustfreier SRNC Verlagerung (siehe Abschnitt 7.2 auf Seite 29). Die Unterstützung dieser Funktion ist optional.

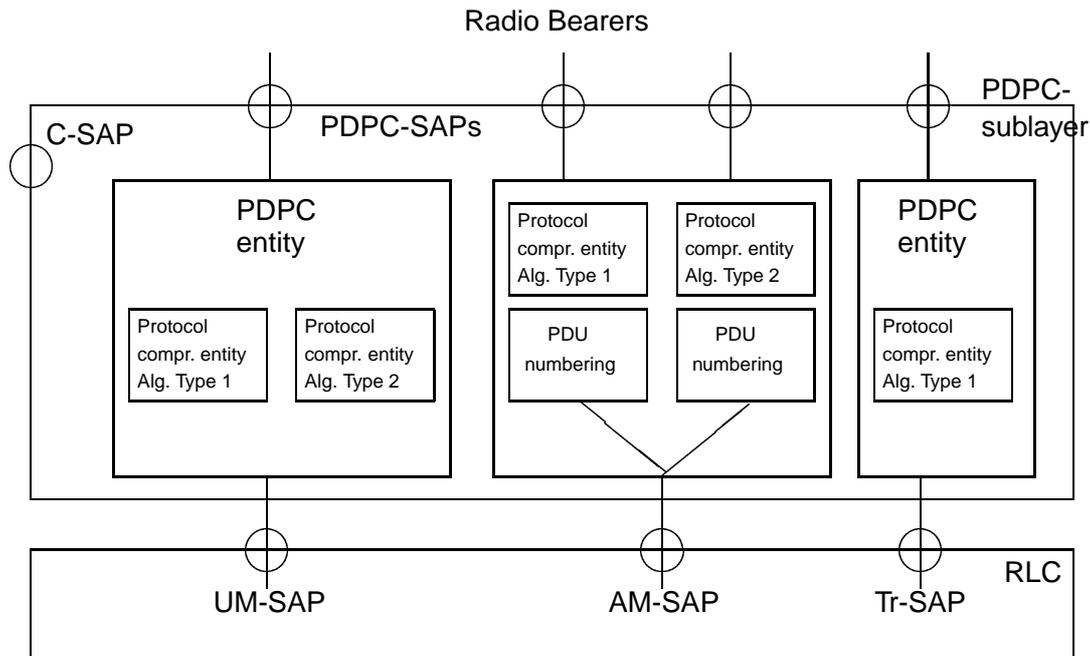


Abbildung 7.3: Möglicher Aufbau der PDCP-Schicht (nach [PDCP])

Die Information über den benutzten Typ des Netzwerkschichtprotokolls wird während der PDP-Kontext Aktivierung (siehe Abschnitt 8.2.1 auf Seite 58) übergeben.

Die *Header*-Kompression der Protokoll-Kombination TCP/IP und UDP/IP werden nach RFC 2507 ausgeführt. Die Liste der unterstützten Algorithmen innerhalb von PDCP soll erweiterbar sein.

Wenn das SRNC ohne Datenverlust verlagert werden soll, so muß das Quell-SRNC PDCP-SDUs und Informationen über bereits empfangene und gesendete PDCP-Pakete mit dem Ziel-SRNC austauschen. Außerdem müssen die Partnerinstanzen auf Netzwerk- bzw. Endgeräteseite Buch führen über die gesendeten und empfangenen PDCP-Protokolldateneinheiten. Bei einer SRNC-Verlagerungen muß die Instanz im Endgerät und die Instanz im neuen SRNC Informationen darüber austauschen, welche SDUs sie jeweils bereits empfangen haben.

In der Spezifikation [PDCP] werden einige wenige Dienstprimitive und Nachrichtenformate festgelegt. ([PDCP], [Wal00])

### 7.3.6 Schicht 2: Die Rundsendesteuerung

Die Rundsendesteuerung ermöglicht die Übertragung von Rundsende-Nachrichten im unbestätigten Modus der RLC. Diese Daten kommen vom sog. *Cell Broadcast Centre*. Zusätzlich zur Nachricht wird von dieser Einheit übergeben, wie oft und in welchem zeitlichen Abstand die Nachricht zu übertragen ist. Zum Beispiel werden SMS Zellrundesende-Nachrichten via BMC versendet. Die Nachrichten werden nur innerhalb eine Zelle verteilt. Die BMC-Teilschicht existiert nur in der Nutzerebene und befindet sich oberhalb der RLC-Teilschicht. Für alle Dienste außer Diensten zum Senden von Rundsende-Nachrichten ist diese Schicht transparent, d. h. sie wird nicht genutzt.

Die BMC erfüllt folgende Funktionen:

- Speicherung von Zellrundesende-Nachrichten.
- Überwachung des Verkehrsumfangs und Anforderung von Funkressourcen für den Zellrundesende-Dienst.
- Einhalten des Zeitplans für das Versenden von Zellrundesende-Nachrichten (*Scheduling*): Mit jeder zu sendenden Nachricht erhält die BMC-Instanz der UTRAN-Seite Informationen zum *Scheduling* der Nachricht von der darüberliegenden Schicht. Diese Nachrichten werden ausgewertet, ein entsprechendes *Scheduling* beim Versenden der Rundsende-Nachrichten wird vorgenommen, entsprechende *Scheduling*-Nachrichten werden generiert und an die Partnerinstanz der UE-Seite gesendet. Mittels dieser *Scheduling*-Nachrichten informiert die UTRAN-Instanz die UE-Instanz über den Zeitplan. Auf der UE-Seite werden diese Nachrichten wiederum von der dortigen BMC-Instanz ausgewertet und die Ergebnisse der Auswertung an die RRC-Schicht übergeben. Diese wiederum nimmt dann Einstellungen an den unteren Schichten vor, die den diskontinuierlichen Empfang von Zellrundesende-Nachrichten gewährleisten.
- Übertragung von BMC Nachrichten zum Endgerät (nach Maßgabe des Zeitplans).
- Übermittlung von Zellrundesende-Nachrichten an darüberliegenden Schichten (NAS), die die Nachrichten auswerten oder dem Nutzer präsentieren.

Auf der UTRAN-Seite gibt es genau eine BMC-Entität pro Zelle. Jede BMC-Entität nutzt über das RLC einen bestimmten logischen Kanal der MAC-Teilschicht, den *Common Dedicated Traffic Channel* (CTCH; siehe Seite 40). Da eine BMC-Entität nur für eine bestimmte Zelle zuständig ist, gibt es eine nicht näher spezifizierte Funktion (z. B. im RNC), die anhand der geographischen Information in den Zellrundesende-Nachrichten diese auf die dafür zuständige BMC-Entitäten verteilt. Im übrigen gibt es wie in der PDCP einen Konfigurations-SAP, der von der RRC genutzt wird.

In der Spezifikation „*Radio Interface for Broadcast/Multicast Services*“ [BMC] werden eine Reihe von Dienstprimitiven und Nachrichtenformate festgelegt.

### 7.3.7 Schicht 2: Die Funkverbindungssteuerung

Die RLC-Teilschicht ermöglicht die gesicherte Datenübertragung über die Funkschnittstelle, indem sie bei der Partnerinstanz eine Wiederholung der Übertragung angefordert, sobald ein Fehler entdeckt wurde.

Pro Funkträger existiert in der RLC-Schicht eine RLC-Verbindung. Diese können auf- und abgebaut werden. Jede Verbindung arbeitet in einem der drei folgenden Übertragungsmodi:

**Transparenter Übertragungsmodus (*Transparent Mode, Tr*)** Im transparenten Modus fügt die RLC dem Datenstrom keine weiteren Protokollinformationen hinzu. Daher kann kein weiterer Fehlererkennungsmechanismus hinzugefügt werden; die Fehlererkennung der Bitübertragungsschicht wird genutzt. Fehlerhafte Protokolldateneinheiten können verworfen oder als fehlerhaft markiert werden. Eine Protokolldateneinheit (*Protocol Data Unit, PDU*) der höheren Schicht (SDU) kann unter bestimmten Voraussetzungen in mehrere Teile segmentiert werden. Von der Partnerinstanz werden diese segmentierten PDUs wieder zu einer SDU zusammengesetzt. Dazu ist kein zusätzlicher Header notwendig: verschiedenen SDUs werden

in unterschiedlichen Zeitschlitzten gesendet<sup>1</sup>, so daß die segmentierten PDUs eindeutig einer SDU zugeordnet werden können. Außerdem besitzt der Modus für transparente Datenübertragung einen Sende- und Empfangspuffer.

**Unbestätigter Datenübertragungsmodus (*Unacknowledged Mode, UM*)** Im unbestätigten Modus wird nicht garantiert, daß die Daten übertragen werden. Fehlerhafte Daten werden erkannt und je nach Konfiguration verworfen oder gekennzeichnet. Mittels Sequenznummern wird Datenintegrität für PDUs höherer Schichten erreicht: es werden nur PDUs, die in der richtigen Reihenfolge empfangen wurden, weitergegeben. Es finden keine Übertragungswiederholungen zum Zweck der Fehlertoleranz statt. Segmentierung und Verkettung werden mittels *Header*-Felder erreicht, die den Daten zugefügt werden.

**Bestätigter Datenübertragungsmodus (*Acknowledged Mode, AM*)** Die gesicherte Datenübertragung wird durch den bestätigten Modus realisiert. Die RLC-Schicht stellt sicher, daß die Partnerinstanz die Daten fehlerfrei empfangen hat. Dazu wird das *Automatic Repeat Request* (ARQ) genannte Schema benutzt, bei dem die Empfängerinstanz der Senderinstanz fehlerhafte Übertragungen signalisiert und die Sendeinstanz fehlerhafte PDUs erneut versendet. Die RRC kann festlegen, wie oft eine Übertragungswiederholung im Fehlerfall angewendet werden soll. Sie entscheidet so über Qualität und Verzögerung der Übertragung und damit letztendlich über die Dienstgüte. Falls bei mehrfachen Versuchen keine fehlerfreie Übertragung gelingt, wird der höheren Schicht ein nicht-behebbarer Übertragungsfehler gemeldet und die PDU wird verworfen. Wie im UM werden die PDUs in richtiger Reihenfolge weitergegeben. Es besteht jedoch aus Effizienzgründen zusätzlich die Möglichkeit einer out-of-sequence-Übermittlung, sofern die höhere Schicht dies unterstützt. Der AM unterstützt *peer-to-peer* Signalisierung; neben Statusreports können sich Partnerinstanzen ein Reset senden.

Die RRC konfiguriert für jede RLC-Verbindung, in welchem Modus diese arbeitet.

Um die beschriebenen Dienste zu erbringen, sind folgende Funktionen innerhalb der RLC-Schicht notwendig.

**Segmentierung und Wiederherstellung** Segmentierung von Datenpaketen höherer Schichten in kleinere Pakete (sog. *Payload Unit* (PU)), die in der Partnerinstanz wieder zusammengesetzt werden.

**Verkettung** Bei der Segmentierung der RLC-SDUs muß deren Länge nicht zwangsläufig ein Vielfaches der Länge der PU sein. Daher kann das letzte Segment eine SDU mit dem ersten Segment der nächsten SDU verkettet und in einer PU zusammengefaßt werden.

**Padding** Statt mittels Verkettung wird die PDU durch Auffüllen von Bits auf die festgelegten Größe gebracht.

**Fehlererkennung** Die einzelnen PUs werden durchnummeriert. Eine unvollständige Übertragung kann somit erkannt werden.

---

<sup>1</sup>Genauer: in verschiedenen Übertragungszeitintervallen. Diese führe ich erst in Abschnitt 7.3.9 ein.

**Fehlerkorrektur** Durch erneutes Übertragen der fehlerhaften PDUs werden im AM Fehler korrigiert. Dazu sind verschiedene Protokolle vorgesehen wie z. B. *Selective Repeat*, *Go Back N* oder *Send-and-Wait ARQ*<sup>2</sup>.

**Folgerichtige Übertragung** Mit dieser Funktion werden RLC-SDUs in der Reihenfolge an die höhere Schicht übergeben, wie sie senderseitig von der Partnerseite von der höheren Schicht entgegengenommen wurde. Ohne Nutzung dieser Funktion werden die SDUs in der Reihenfolge übermittelt, wie sie nach der Fehlerkorrektur vorliegen.

**Erkennung von Mehrfachübertragungen** Werden SDUs mehrfach übertragen, so wird nur genau eine Version an die höhere Schicht übergeben und alle anderen Versionen verworfen.

**Flußsteuerung** Die empfangene Instanz kann die Übertragungsrates der sendenden Instanz steuern.

**Verschlüsselung** Im unbestätigten und bestätigten Modus wird Datenverschlüsselung innerhalb der RLC-Schicht angewendet.

**Aussetzen und Wiederaufnahme der Datenübertragung** Die Übertragung von Daten kann ausgesetzt werden und über einen anderen logischen Kanal fortgesetzt werden. Die RLC-Verbindung bleibt bestehen.

Die Abbildung 7.4 zeigt die Entitäten der RLC-Schicht. Die *TX-RLC-Tr*-Entität auf der Sendeseite und die *RX-RLC-Tr*-Entität erbringen den Dienst der transparenten Datenübertragung. Segmentierung wird nur unter ganz bestimmten Umständen verwendet.

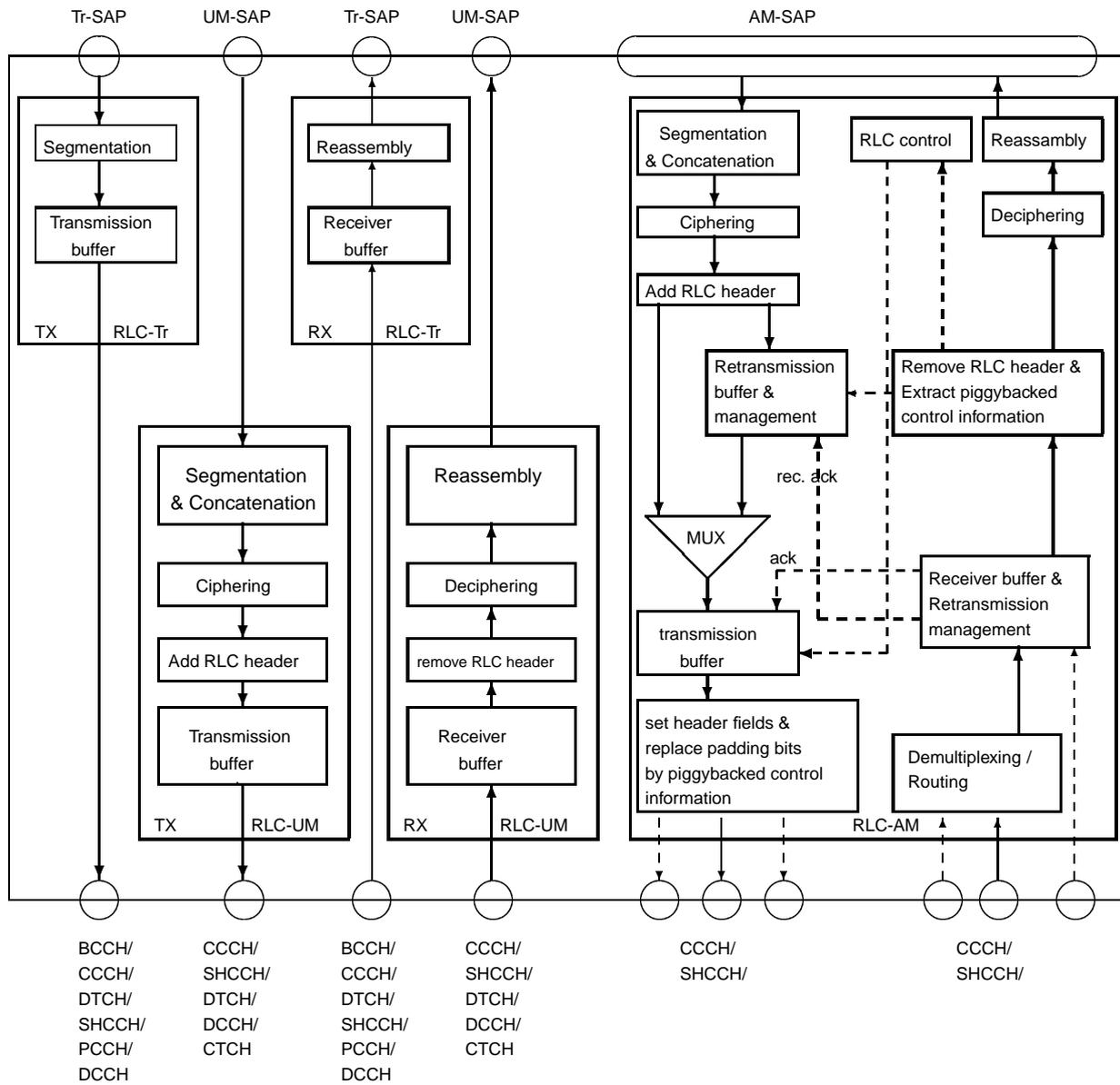
Den unbestätigten Übertragungsmodus erbringen die *RLC-UM*-Entitäten. Sequenznummerierung wird angewendet, um nur in richtiger Reihenfolge empfangene SDUs an die höhere Schicht weiterzugeben.

Im bestätigten Modus, der durch die *RLC-AM-Entität* erbracht wird, können ein logischer Kanal (dargestellt durch eine durchgezogene Linie am unteren Ende der Abbildung) oder zwei logische Kanäle (dargestellt durch gestrichelte Linien) genutzt werden. Auf der Senderseite (in der Abbildung der linke Teil der Entität) werden die von der höheren Schicht empfangene SDUs in gleich große PUs segmentiert, deren Länge beim Aufbau der RLC-Verbindung von der RRC-Schicht konfiguriert wird. Die PUs werden in RLC-PDUs eingebettet. Der Multiplexer entscheidet, welche PDU wann der MAC-Schicht übergeben wird. Ungenutzte Bitposition können mit Leerbits aufgefüllt werden (*padding*), die wiederum durch Statusinformationen ersetzt werden, welche somit „huckepack“ (*piggybacked*) übertragen werden. Dies erhöht die Übertragungseffizienz und ermöglicht einen schnelleren Datenaustausch zwischen zwei RLC-Partnerinstanzen. Auf der Empfängerseite werden die so kodierten Informationen wieder extrahiert.

In der Spezifikation [RLC] wird neben einer Reihe von Dienstprimitiven und Nachrichtenformaten detailliert angegeben, welche Dienste und Funktionen auf welche logische Kanäle abgebildet werden. Außerdem werden informativ umfangreiche SDL-Diagramme für die RLC-Teilschicht angeführt. ([RLC], [Wal00], [LR00])

---

<sup>2</sup>Die genannten Protokolle werden z. B. in [Wal00], S. 93 ff. beschrieben.



logische Kanäle

Abbildung 7.4: Entitäten der RLC-Schicht (nach [Wal00])

### 7.3.8 Schicht 2: Die Mediumzugriffssteuerung

Die Mediumzugriffssteuerung kontrolliert und verwaltet den Zugriff vieler Verbindungen auf das geteilte Medium Funkübertragung. Dazu werden logische Kanäle in Transportkanäle der Bitübertragungsschicht transformiert. Ein Transportkanal ist dadurch definiert, wie Informationen übertragen werden, ein logischer Kanal dadurch, welche Art von Informationen übertragen werden.

Die MAC erbringt folgende Dienste:

- unbestätigte Datenübertragung zwischen MAC Partnerinstanzen ohne Datensegmentierung
- Umkonfiguration der belegten Betriebsmittel: Wiederbelegung von Funkbetriebsmittel und Änderungen der Parameter der MAC-Teilschicht. Die Entscheidungen über derartige Umkonfigurationen übernimmt die RRC-Schicht.
- Verkehr- und Qualitätsparameter-Messungen. Die MAC nimmt eine Reihe von lokalen Messungen des Verkehrsumfanges und der Übertragungsqualität vor und übermittelt diese an das RRC, welches regulierend eingreifen kann. Beispiel für derartige Messungen: Messungen des Verkehrsumfanges und Messungen von Qualitätsindikatoren.

Bei der Erbringung der genannten Dienste erfüllt die MAC-Teilschicht folgende Funktionen:

**Multiplexen logischer Kanäle auf Transportkanäle** Das Multiplexing mehrerer logischer Kanäle auf einen Transportkanal sowie umgekehrt das Demultiplexing eines Transportkanals auf mehrere logische Kanäle ist eine primäre Aufgabe der MAC-Teilschicht. Transportkanäle sind, wie ich noch darstellen werden, eingeteilt in dedizierte und gemeinsame Transportkanäle. Dedizierte Transportkanäle transportieren Daten genau einer UE. Multiplexing macht hier Sinn, wenn z. B. mehrere RLC-Instanzen gleichzeitig Daten zur selben UE übertragen wollen und diese Daten sich gemeinsam auf dem dedizierten Kanal übertragen lassen. Auf gemeinsamen Transportkanälen werden Daten mehrere UE übertragen. Hier übernimmt die MAC-Schicht das Multiplexing mehrerer UE-spezifischer Verbindungen auf einen gemeinsamen Kanal.

**Wechseln des Typs eines Transportkanals** Auf Anweisung der RRC kann zwischen der Verwendung eines gemeinsamen oder eines dedizierten Transportkanales gewechselt werden.

**Auswahl eines geeigneten Transportformates** Für eine effektivere Nutzung der Transportkanäle wählt die MAC in Abhängigkeit von der aktuellen Übertragungsrate das geeignete Transportformat für jeden Transportkanal aus. Ein Transportformat kennzeichnet die Merkmale eines physikalischen Kanals (z. B. Bitrate). Siehe dazu Abschnitt 7.3.9.

**Verwaltung von Prioritäten** Die MAC-Schicht kann verschiedene Prioritäten zwischen den einzelnen Transportkanälen bei der Auswahl von Kombinationen von Transportformaten berücksichtigen. Diese Prioritäten sind dienstspezifisch oder haben einen anderen Zweck: z. B. verhindern sie das Überlaufen von Puffern.

**Identifikation von Endgeräten** Die MAC-Schicht fügt einen sogenannten Temporäre Kennung im Funknetz (*Radio Network Temporary Identifier*, RNTI) in die MAC-PDU ein, wenn Daten über einen gemeinsamen Transportkanal übertragen werden.

**Verschlüsselung** Im transparenten Modus der RLC-Schicht übertragene Daten werden von der MAC-Schicht verschlüsselt.

**Zufallszugriff** Regulierung von Mehrfachzugriff auf die gleiche Funkressource.

Logische Kanäle sind die Dienste der MAC-Teilschicht für die darüberliegende RLC-Teilschicht. Sie werden unterteilt in Steuerkanäle und Verkehrskanäle. Ein Steuerkanal überträgt Informationen der Steuerebene; ein Verkehrskanal überträgt Informationen der Nutzerebene.

Es gibt die folgenden acht verschiedenen logische Steuerkanäle:

**Broadcast Control Channel (BCCH)** Ein Kanal, der für das Rundsenden von Systemkontrollinformationen auf der Abwärtsstrecke dient.

**Paging Control Channel (PCCH)** Ein Kanal, über den Funkruf (auf der Abwärtsstrecke) realisiert wird.

**Common Control Channel (CCCH)** Ein bidirektionaler Kanal für Steuerinformationen zwischen UTRAN und Endgeräten, die z. Zt. keinen RRC-Verbindung besitzen oder wenn das Endgerät zu einer neuen Zelle wechselt (*Cell Reselection*).

**Dedicated Control Channel (DCCH)** Ein bidirektionaler Punkt-zu-Punkt Kanal, der dedizierte Steuerinformationen zwischen Endgerät und Netz überträgt. Bei Einrichtung einer RRC-Verbindung wird ein DCCH eingerichtet.

**Shared Channel Control Channel (SHCCH)** Über diesen Kanal werden im TDD-Modus bidirektionale Informationen zur Steuerung von gemeinsamen Kanälen (die von verschiedenen Endgeräten geteilt werden) übermittelt.

**ODMA Common Control Channel (OCCCH)** Ein bi-direktionaler Kanal, der zum Austausch von Steuerinformationen zwischen zwei Endgeräten im *Opportunity Driven Multiple Access* (ODMA)-Modus dient. Im ODMA-Modus kann ein Endgerät als *Relay* zwischen Netz und einem zweiten Endgerät dienen. Das OCCCH ist das ODMA-Pendant zum CCCH.

**ODMA Dedicated Control Channel (ODCCH)** Eine bi-direktionale Punkt-zu-Punkt-Verbindung zwischen zwei Endgeräten im ODMA-Modus. Der Kanal ist nur bei eingerichteter RRC-Verbindung existent und ist das ODMA-Pendant zum DCCH.

Dazu gibt es drei verschiedene logische Verkehrskanäle:

**Dedicated Traffic Channel (DTCH)** Ein Punkt-zu-Punkt-Kanal für die Übertragung von Daten der Nutzerebene zwischen einem Endgerät und dem UTRAN.

**ODMA Dedicated Traffic Channel (ODTCH)** Dient zur Übertragung von Nutzerdaten zwischen zwei Endgeräten im ODMA-Modus.

**Common Dedicated Traffic Channel (CTCH)** Über diesen unidirektionalen Punkt-zu-Mehrpunkt-Kanal der Abwärtsstrecke werden Daten der Nutzerebene an alle oder eine Gruppe von Endgeräten rundgesendet.

Dienst	BCCH	PCCH	CCCH	SHCCH	DCCH	DTCH	CTCH
transparent	DL	DL	UL	UL/DL		UL/DL	
unbestätigt			DL	DL	UL/DL	UL/DL	UL
bestätigt					UL/DL	UL/DL	

Tabelle 7.1: Abbildung der RLC-Übertragungsdienste auf logische Kanäle (nach [Wal00])

Die Abbildung der RLC-Übertragungsdienste auf die logischen Kanäle ist in Tabelle 7.1 dargestellt. Dabei ist angegeben, in welche Übertragungsrichtung die Abbildung gilt: Aufwärtsstrecke (UL) bzw. Abwärtsstrecke (DL).

Den logischen Kanälen stehen die Transportkanäle gegenüber. Sie werden in in dedizierte und gemeinsame Kanäle unterteilt. Ein dedizierter Transportkanal ist immer über einen physikalischen Kanal einem Endgerät zugeordnet; der Transportkanal ist eindeutig durch verwendeten Code, Frequenz und, im TDD-Modus, Zeitschlitz identifiziert. Dagegen sind bei gemeinsamen Transportkanälen gesonderte Adressierungen notwendig, um einzelne UE voneinander zu unterscheiden. Dazu dient die RNTI.

Es gibt folgende dedizierte Transportkanäle:

**Dedicated Channel (DCH)** Der *Dedicated Channel* ist ein bidirektionaler Kanal, der exklusiv einem UE zur Verfügung steht. Eine schnelle Leistungsregelung wird angewandt. Die Übertragungsrate kann alle 10 ms geändert werden.

**Fast Uplink Signalling Channel (FAUSCH)** Der FAUSCH überträgt lediglich die Anforderung der UE an das UTRAN, einen neuen DCH einzurichten. Dazu reicht eine Ein-Bit-Nachricht, da der FAUSCH-Kanal bereits der UE eindeutig zugeordnet ist. Der Kanal existiert nur in der Aufwärtsstrecke und nur im FDD-Modus.

**ODMA Dedicated Channel (ODCH)** Eine Art DCH für den ODMA-Modus.

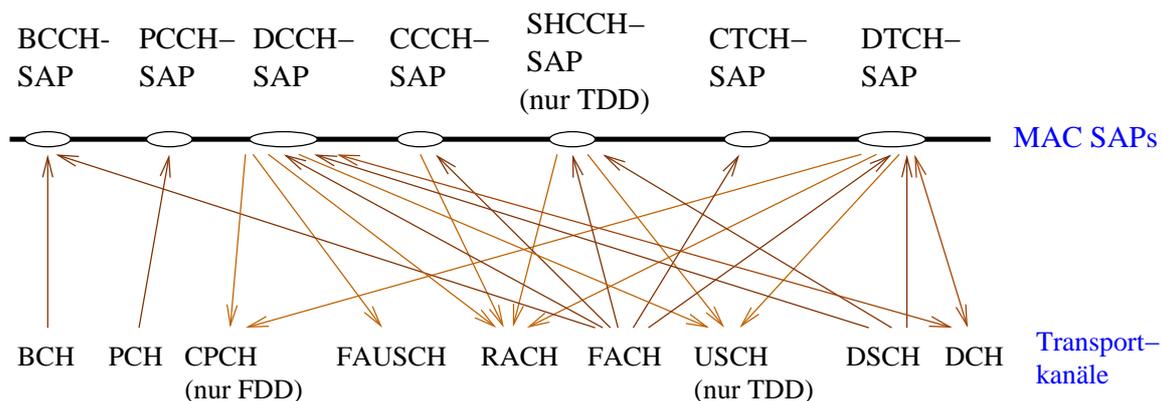


Abbildung 7.5: Zuordnung zwischen logischen Kanälen und Transportkanälen – UE-Seite (aus [FunkIF])

Es existieren die folgenden gemeinsamen Transportkanäle:

**Random Access Channel (RACH)** Ein Kanal, über den kleine Datenmengen in der Aufwärtsstrecke übertragen werden. Beim Zugriff können Kollisionen auftreten. Die Übertragung der Daten sollte nicht zeitkritisch sein.

**ODMA Random Access Channel (ORACH)** Das ODMA-Pendant zum *Random Access Channel* (RACH).

**Common Packet Channel (CPCH)** Dieser Kanal dient der Übertragung von Paketdaten und existiert nur in Aufwärtsrichtung im FDD-Modus.

**Fast Access Channel (FACH)** Ein Kanal auf der Abwärtsstrecke, über den kleine Datenmengen übertragen werden. Die Übertragungsrate kann alle 10 ms geändert werden.

**Downlink Shared Channel (DSCH)** Ein Transportkanal der Abwärtsstrecke, der von mehreren UE geteilt wird.

**Uplink Shared Channel (USCH)** Ein Transportkanal der Aufwärtsstrecke, der von mehreren UE geteilt wird und nur im TDD-Modus existiert.

**Broadcast Channel (BCH)** Ein Transportkanal, über den Systeminformationen an alle UE einer Zelle gesendet werden.

**Paging Channel (PCH)** Dieser Kanal wird zum Rundsenden von Kontrollinformationen an bestimmte UE. Dazu gehören Funkruf und Benachrichtigungen.

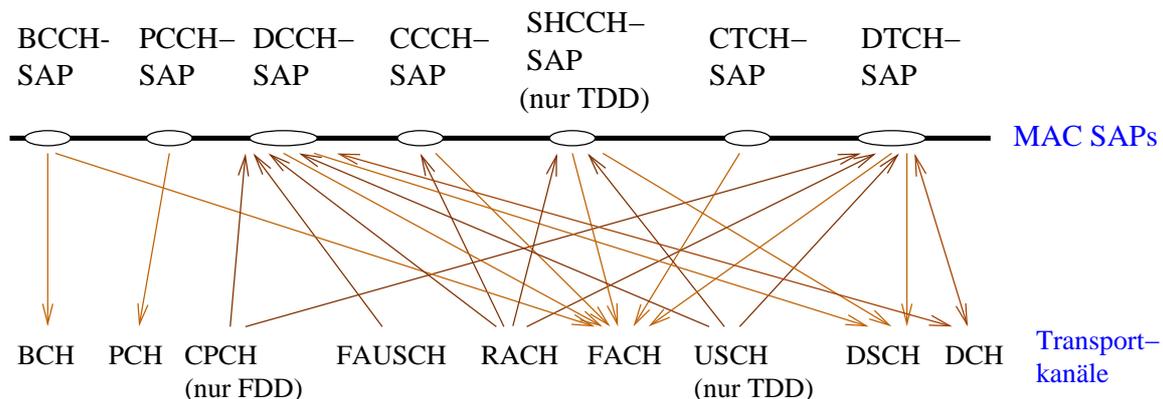


Abbildung 7.6: Zuordnung zwischen logischen Kanälen und Transportkanälen – UTRAN-Seite (aus [FunkIF])

Abbildung 7.5 zeigt die Zuordnung von logischen Kanälen auf Transportkanäle auf der UE-Seite, Abbildung 7.6 die Zuordnung auf der UTRAN-Seite. Die Pfeile zeigen die Richtung des Datenflusses; ihre unterschiedliche Färbung dient lediglich der besseren Unterscheidung der einzelnen Pfeile.

Die MAC-Schicht ist in mehrere Funktionsblöcke, *Entities* genannt, unterteilt: MAC-b, MAC-c/sh und MAC-d.

Die MAC-b-Entity ist für die Behandlung von Rundsende-Nachrichten verantwortlich und verbindet den BCCH und den für Rundsendenachrichten reservierten Transportkanal.

Die MAC-d-Entity verbindet dedizierte logische Kanäle mit dedizierten Transportkanälen, die einem Endgerät zugewiesen sind. Im Endgerät gibt es genau eine MAC-d-Entität und im UTRAN genau eine pro Endgerät. Nach Vorgabe der RRC-Schicht wählt die MAC-d-Entität dem zur Übertragung der MAC-SDU geeigneten Transportkanal. Werden dedizierte logische Kanäle auf gemeinsame Transportkanäle abgebildet, so werden die Daten an die MAC-c/sh-Entität weitergegeben.

Die MAC-c/sh-Entität verbindet gemeinsame logische Kanäle mit gemeinsamen Transportkanälen. Pro Endgerät und pro UTRAN-Zelle existiert eine MAC-c/sh-Entität. Sie sorgt u.a. dafür, daß innerhalb der MAC-PDU vermerkt wird, zu welchem logischen Kanal die MAC-SDU gehört. Desweiteren wird durch ein „UE Id“-Feld für eine Unterscheidung zwischen den verschiedenen Endgeräten gesorgt.

Innerhalb von MAC-d-Entität und MAC-c/sh-Entität wird die Transportformatkombination (siehe nächsten Abschnitt) für einen Transportkanal ausgewählt, um die Priorisierung der Transportkanäle vorzunehmen.

### 7.3.9 Die Bitübertragungsschicht

Die Bitübertragungsschicht bietet der darüberliegenden MAC-Schicht Dienste in Form von Transportkanälen an und wandelt diese in physikalische Kanäle um. Dabei nimmt die Bitübertragungsschicht u.a. folgenden Aufgaben wahr:

- Fehlerschutz und -korrektur für die Transportkanäle mittels *Forward Error Correction*,
- Messen der Übertragungseigenschaften des Funkkanals und Übermittlung der gemessenen Parameter (z. B. Bitfehlerhäufigkeit und Sendeleistung) an die RRC-Schicht,
- Vervielfältigen und Zusammenführen von Datenströmen bei *Soft-Handover* und Makrodiversität,
- Anpassung der Übertragungsrate (*Rate Matching*),
- (Ent-)Spreizen und (De-)Modulation der physikalischen Kanäle,
- Frequenz-, Bit-, Zeitschlitz- und Rahmensynchronisation und
- Leistungssteuerung.

Auf einem Transportkanal können periodisch ein oder mehrere sogenannte Transportblöcke gleichzeitig übertragen werden. Eine Menge dieser Transportblöcke nennt man Transportblockmenge (*Transport Block Set*, TBS) . Alle Transportblöcke eines TBS sind gleich groß (d.h. sie besitzen die gleiche Anzahl von Bits) und zur Übertragung wird der gleiche Fehlerschutz benutzt. Jede TBS wird durch ein Transport Format (TF) beschrieben. Ein TF besteht aus einem semi-statischen und einem dynamischen Teil. Der semi-statische Teil beschreibt:

- die Art des Fehlerschutzes (Codierschema und -rate sowie Parameter für die Punktierung),
- die Länge der Prüfsumme,

- die Übertragungszeitintervall (*Transmission Time Interval*, TTI) . Dies ist die Zwischenankunftszeit von TBS auf dem Transportkanal, d.h. mit welcher Periode TBS übertragen werden. Es gibt nur eine begrenzte Zahl von zulässigen Werten. Dieser Parameter macht nur im FDD-Modus Sinn; im TDD- wird er durch die Zeitschlitz- und Rahmenstruktur vorgegeben, kann aber auch im dynamischen Teil spezifiziert werden.

Der dynamische Teil des TF beschreibt:

- die Größe eines Transportblocks (in Bit),
- die Größe eines TBS (in Bit),
- das Übertragungszeitintervall (optional, nur im TDD-Modus, für Nicht-Echtzeitdienste)

Die Menge von Transportformaten, deren semi-statischer Teil gleich ist, bilden eine Transportformatmenge (*Transport Format Set*, TFS) . Indem der dynamische Teil während der Übertragung geändert wird, können variable Bitraten erreicht werden.

Das Endgerät kann mehrere Transportkanäle gleichzeitig nutzen (z. B. je einen für Signalisierung, Sprach- und Videodienst). Es findet typischerweise ein Multiplexing dieser Transportkanäle auf physikalische Kanäle statt. Die Kombination von Transportformaten, die auf gleichzeitig genutzten (parallelen) Transportkanälen benutzt werden, heißt Transportformatkombination (*Transport Format Combination*, TFC) . Die Menge aller möglichen und erlaubten Kombinationen heißt Transportformatkombinationsmenge (*Transport Format Combination Set*, TFCS) .

Da TFS und TFCS nur endlich viele Elemente besitzt, werden bei der Angabe eines Transportformates bzw. einer Transportformatkombination statt dem kompletten Satz an Parameter nur ein Index angegeben. Dieser Index heißt Transportformatindex (*Transport Format Index*, TFI) bzw. Transportformatkombinationsindex (*Transport Format Combination Index*, TFCI) . Dies verringert die Anzahl der auszutauschenden Daten.

Die RRC-Schicht konfiguriert die MAC-Schicht und die Bitübertragungsschicht mit einem TFCS, sobald ein Transportkanal hinzugefügt, freigegeben oder rekonfiguriert wird. Die MAC-Schicht kann sich daraus eine Transportformatkombination aussuchen und teilt ihre Wahl der Bitübertragungsschicht mit.

Die Transportkanäle werden in der Bitübertragungsschicht auf physikalische Kanäle abgebildet, die in dedizierte und gemeinsame Kanäle unterteilt sind. Im FDD-Modus wird ein physikalischer Kanal durch die Mittenfrequenz des Funkträgers und durch einen Spreizcode gekennzeichnet. Im TDD-Modus ist ein physikalischer Kanal eindeutig durch Spreizcode, Zeitschlitz und Frequenzkanal bestimmt.

[Wal00] bietet noch eine Menge weiterer Informationen über die Bitübertragungsschicht. Für weitere Details verweise ich auf seine Darstellungen.

Abbildung 7.7 zeigt ein Beispiel für die Datenübertragung zwischen MAC und physischer Schicht anhand von drei parallelen Transportkanälen. Jedes der drei Transportkanäle besitzt ein anderes Übertragungszeitintervall und benutzt eine unterschiedliche Zahl von Transportblöcken pro Transportblockmenge.

Der erste Transportkanal weist je einen Transportblock pro TTI auf, dessen Größe sich ändert. Dieses Beispiel könnte auf einen Transportkanal zutreffen, der Daten für einen Realtime-Dienst mit relativ niedriger Bitrate überträgt (z. B. bei einem Sprachdienst). Auf dem zweiten Transportkanal werden mehrere Transportblöcke pro TTI übertragen. Dieses Beispiel könnte auf einen

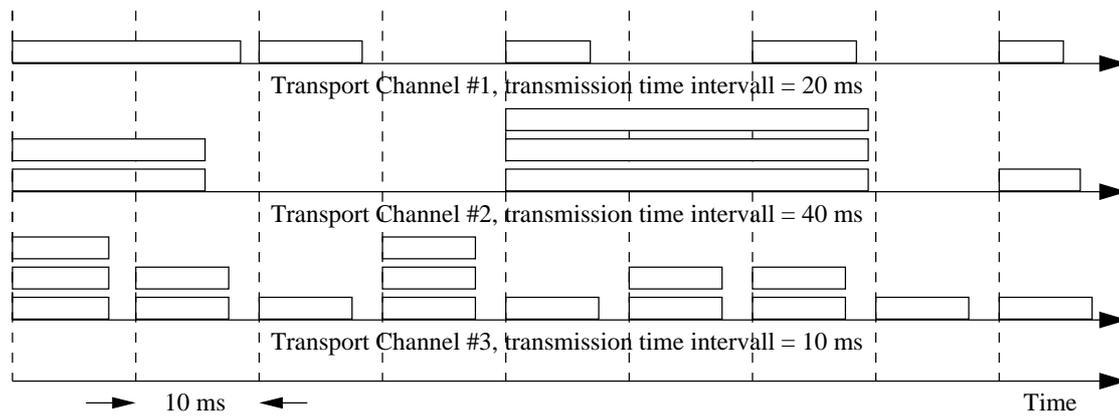


Abbildung 7.7: Beispiel für die Datenübertragung über Transportkanäle (nach [LR00])

Transportkanal zutreffen, der Realtime-Daten mit einer höheren Bitrate überträgt. Schließlich wird ein Transportkanal dargestellt, bei dem die Transportblöcke eine konstante Blockgröße aufweisen. Dies ist typisch für Nicht-Realtime-Übertragungen, die ARQ nutzen. Dabei wird sichergestellt, daß mindestens ein Transportblock in die kleinste Bitrate paßt, die für diesen Transportkanal konfiguriert wurde. Damit wird eine Wiedersegmentierung von Transportblöcken zum Zweck der wiederholten Übertragung vermieden. [LR00]

## 7.4 Die $I_u$ -Schnittstelle

Die  $I_u$ -Schnittstelle verbindet das Kernnetz mit dem RNC. Sie erfüllt (u.a.) die folgenden Funktionen:

- Generelles Management von Funkzugriffsträger, d.h. ihr Aufbau, Pflege und ihre Freigabe,
- Management von  $I_u$ -Verbindungen,
- Transport von Informationen der Nichtzugriffsschicht zwischen dem Endgerät und dem Kernnetz (z. B. Mobilitätsmanagement und *broadcast* Informationen),
- Austausch von Informationen über den Aufenthalt des Endgerätes zwischen RNC und Kernnetz
- Funkruf-Anforderungen vom Kernnetz zum Endgerät
- Intra-System *Handover* (ohne Nutzung der  $I_{ur}$ -Schnittstelle) und Inter-System *Handover* (GSM-UMTS)
- Verlagerung des SRNC bei einem *Handover* (siehe Seite 29),
- Reservierung von Ressourcen für Paketdatenströme,
- Behandlung von Überlast und
- allgemeine Fehlerbehandlung.

Zur Kommunikation mit dem CN wird das *Radio Access Network Application Part* (RANAP) genannte Anwendungsprotokoll benutzt.

## 7.5 Die $I_{ur}$ -Schnittstelle

Die  $I_{ur}$ -Schnittstelle verbindet zwei RNC-Komponenten miteinander. Diese Verbindung ist besonders dann wichtig, wenn an einer Verbindung mehrere RNS beteiligt sind, z. B. bei Makrodiversität und *Handover*. Dann müssen sich die beiden Teilsysteme abstimmen; und es werden Datenströme umgeleitet. Dazu können folgende Transportkanäle über die  $I_{ur}$ -Schnittstelle geleitet werden:

- *Dedicated Channel*,
- *Downlink Shared Channel*,
- *Random Access Channel / Common Packet Channel* (FDD-Modus),
- *Uplink Shared Channel* (TDD-Modus)
- *Fast Access Channel*.

Einer der beiden Endpunkte der Schnittstelle ist in der Rolle des SRNC und der andere Endpunkt in der Rolle des *Drift Radio Network Controller* (DRNC). Zur Kommunikation mit zwischen zwei RNS wird das *Radio Network Sublayer Application Part* (RNSAP) genannte Anwendungsprotokoll benutzt.

Die  $I_{ur}$ -Schnittstelle erfüllt folgende Funktionen:

- Management von Funkverbindungen, physikalischen Verbindungen und Ressourcen für gemeinsame Transportkanäle.
- Funkruf: Das SRNC kann ein Endgerät im Bereich des DRNC rufen.
- SRNC-Verlagerung. Das SRNC kann den Verlagerungsvorgang, der über andere Schnittstellen eingeleitet wurde, mittels RNSAP beenden.
- Messungen an dedizierten Ressourcen: Das SRNC kann das DRNC anweisen, bestimmte Messungen vorzunehmen.

## 7.6 Die $I_{ub}$ -Schnittstelle

Die  $I_{ub}$ -Schnittstelle verbindet die Funknetzsteuerung mit einem *Node B*. Neben den bereits in der  $I_{ur}$ -Schnittstelle übertragenen Transportkanälen kommt in der  $I_{ub}$ -Schnittstelle die *Paging Channel* dazu. Viele Funktionen sind im RNC angesiedelt, so daß viele Signalisierungsdaten über die  $I_{ub}$ -Schnittstelle übertragen werden müssen. Daher werden auch die Transportkanäle bis ins RNC geleitet.

Die Schnittstelle erfüllt (mittels des Anwendungsprotokolls *Node B Application Part* (NBAP)) folgende Funktionen:

- Management von gemeinsamen und dedizierten Kanälen, Ressourcen und Funkverbindungen,

- Konfigurationsmanagement (z. B. für die Zell-Konfiguration),
- Behandlung und Kontrolle von Messungen,
- Synchronisation (im TDD-Modus),
- Zugriffssteuerung,
- Leistungssteuerung,
- *Handover*-Entscheidung: das SRNC entscheidet anhand von Messungen, ob Zellen der Verbindung zugefügt oder von ihr entfernt werden,
- Fehlersituationen melden.

Zur Kommunikation zwischen *Node B* und RNS wird das NBAP genannte Anwendungsprotokoll benutzt.

## 7.7 Beispielszenarien

Im folgenden beschreibe ich einige Szenarien, die die Funktionsabläufe bei der Verbindung zwischen Endgeräte und UMTS Netz verdeutlichen sollen. Alle Szenarien (inklusive der Abbildungen) habe ich [UTRAN.Bsp] entnommen.

### 7.7.1 Funkruf

Das Netz ruft das Endgerät. Da sich dieses im RRC-Ruhezustand befindet, weiß das Netz nicht, in welchem RNS sich das Endgerät befindet und muß daher über ein bestimmtes geographisches Areal suchen, daß durchaus mehrere RNS umfaßen kann. Das Bild 7.8 zeigt ein Sequenzdiagramm für den Nachrichtenaustausch in einem derartigen Szenario. Hier wird der Funkruf über zwei RNS realisiert. !!!

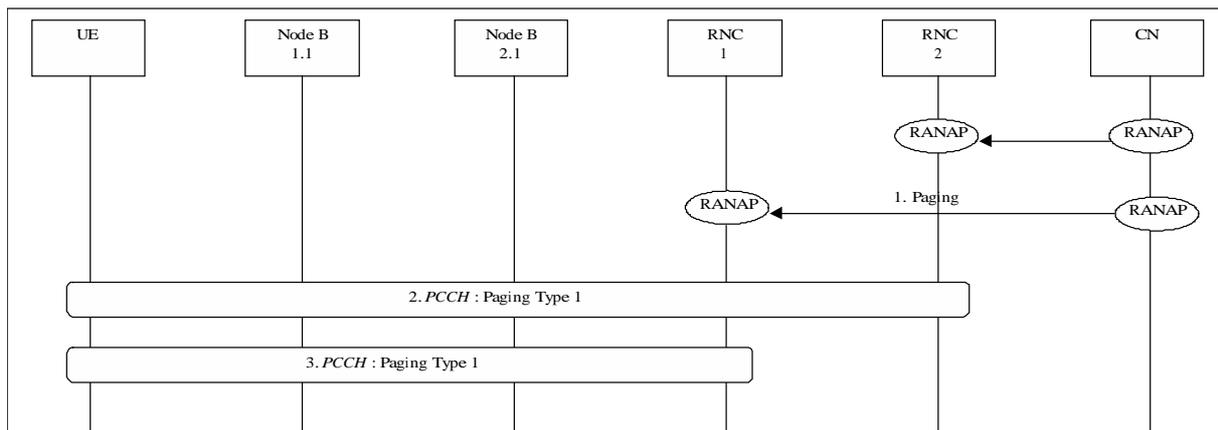


Abbildung 7.8: Funkruf Szenario (aus [UTRAN.Bsp])

1. Das CN initiiert den Funkruf eines Endgerätes über ein Aufenthaltsareal, das zwei RNC umfaßt (z. B. RNC1 und RNC2). Dazu wird die RANAP Nachricht Funkruf benutzt.
2. Der Funkruf des Endgerätes wird durch die *Node B* 1.1 ausgeführt.
3. Der Funkruf des Endgerätes wird durch die *Node B* 2.1 ausgeführt.

Das Endgerät empfängt den Funkruf (z. B. von RNC1) und leitet die Prozedur für den Aufbau einer NAS Signalisierungsverbindung ein. Danach kann dann der Transfer von NAS Nachrichten durchgeführt werden.

### 7.7.2 Aufbau einer NAS Signalisierungsverbindung

In diesem Szenario wird eine NAS Signalisierungsverbindung aufgebaut. Der Nachrichtenaustausch ist in einem Sequenzdiagramm in Abbildung 7.9 dargestellt. Das Endgerät kann diese Prozedur von sich aus aufrufen oder aber, wie im vorherigen Beispiel, nach dem es einen Funkruf empfangen hat.

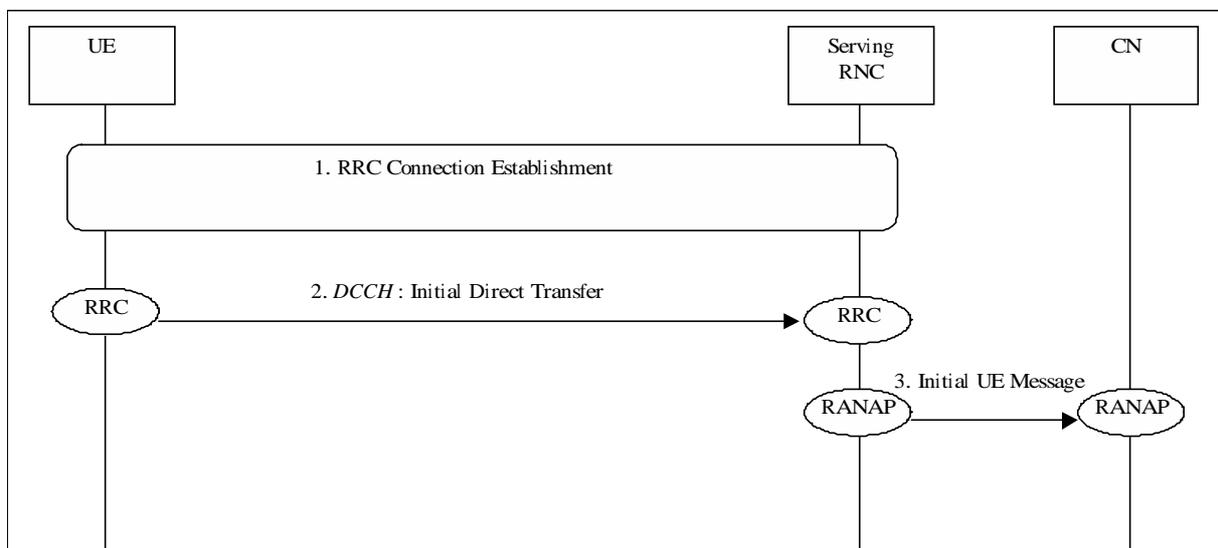


Abbildung 7.9: Aufbau einer NAS Signalisierungsverbindung (aus [UTRAN.Bsp])

1. Aufbau einer RRC Verbindung (siehe nächster Abschnitt).
2. Das Endgerät sendet die initiale NAS Nachricht an das RNC. Dies kann z. B. eine Dienstanforderung sein.
3. Das SRNC leitet eine Signalisierungsverbindung zum CN ein und sendet die RANAP Nachricht *Initial UE Message*. Darin ist die NAS Nachricht des Endgerätes enthalten.

### 7.7.3 Aufbau einer RRC-Verbindung

Abbildung 7.10 zeigt den Ablauf eines Szenarios, in dem eine RRC-Verbindung aufgebaut wird. Innerhalb dieser RRC-Verbindung wird ein *Dedicated Channel* aufgebaut. Alternativ dazu wäre der Aufbau eines RACH/FACH möglich.

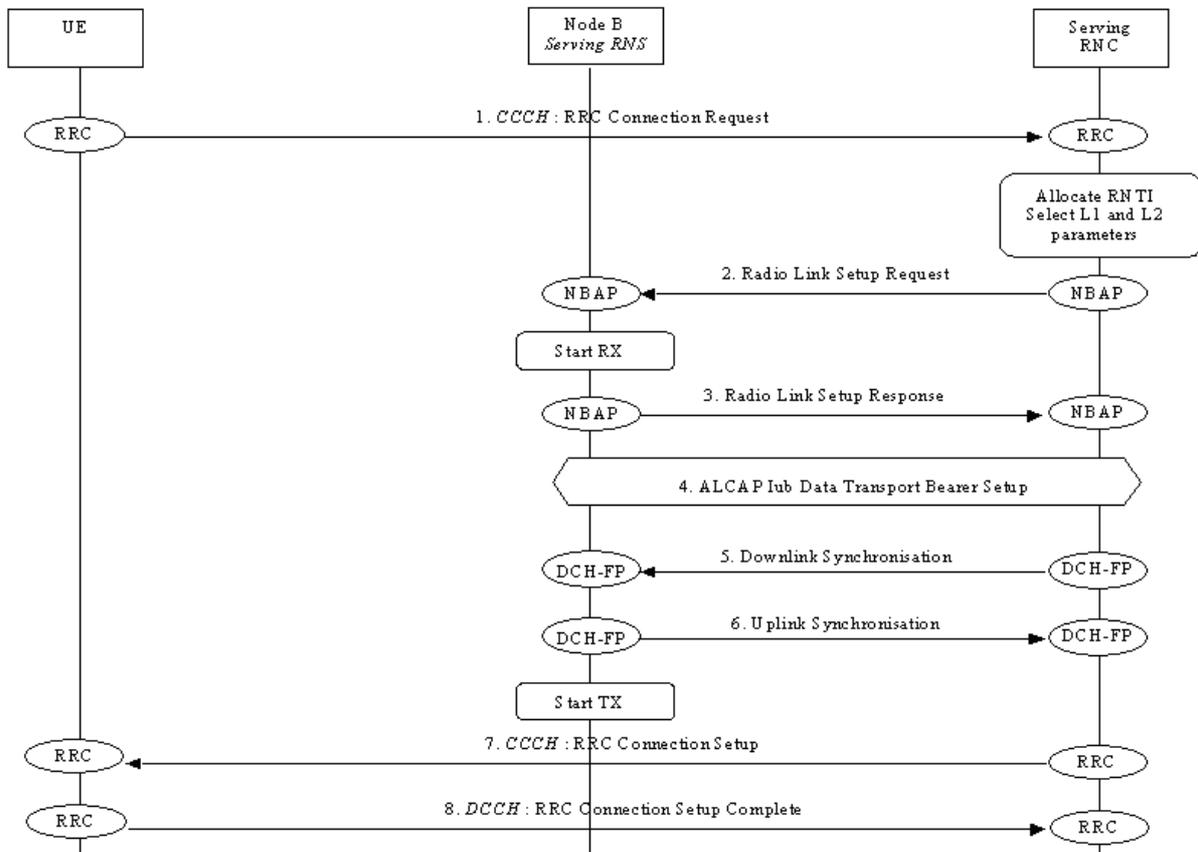


Abbildung 7.10: Aufbau einer RRC Verbindung (aus [UTRAN.Bsp])

1. Durch das Senden einer RRC-Nachricht *Connection Request* über den CCCH initiiert das Endgerät den Aufbau einer RRC-Verbindung.
2. Das SRNC entscheidet sich, einen DCH aufzubauen, vergibt die temporäre Kennziffer des UE, die RNTI, um das Endgerät zu identifizieren. Außerdem reserviert es Funkressourcen für die RRC-Verbindung. Um einen DCH aufzubauen, schickt es dem *Node B* eine NBAP Nachricht *Radio Link Setup Request*. Als Parameter wird die Funkverbindung näher spezifiziert (z. B. durch die Transportformatmenge, das Transportformatkombinationsmenge und die zu benutzende Frequenz).
3. Das *Node B* belegt die Ressourcen, beginnt mit dem physikalischen Funkempfang und antwortet mit der NBAP Nachricht *Radio Link Setup Response*. Darin werden Adressierungsinformationen der Transportschicht für den  $I_{ur}$ -Datenträger übergeben.

4. Anhand dieser Informationen initiiert das SRNC den Aufbau des  $I_{ur}$ -Datentransportträger. Dieser wird die Daten der RRC-Verbindung vom *Node B* zum SRNC transportieren. Der Aufbau des Transportträger geschieht mittels des ALCAP Protokolls. Das *Node B* bestätigt den Aufbau des Transportträgers.
5. SRNC und *Node B* synchronisieren den  $I_{ur}$ -Datentransportträger in Abwärtsrichtung.
6. SRNC und *Node B* synchronisieren den  $I_{ur}$ -Datentransportträger in Aufwärtsrichtung. Danach beginnt das *Node B* mit der Funkübertragung an das Endgerät.
7. Das RRC sendet die RRC-Nachricht *Connection Setup* auf dem CCCH an das Endgerät und übergibt dabei die Verbindungsparameter wie in 2.
8. Das Endgerät sendet eine RRC-Nachricht *Connection Complete* über den DCCH an das SRNC.

#### 7.7.4 Direktübertragung von NAS Nachrichten

Wenn eine RRC-Verbindung hergestellt ist, kann der Nachrichtenaustausch zwischen Endgerät und UMTS-CN stattfinden. Wie dies geschieht, zeigen Bild 7.11 (für die Nachrichtenübertragung der in Aufwärtsstrecke) und Bild 7.12 (für die Nachrichtenübertragung in der Abwärtsstrecke).

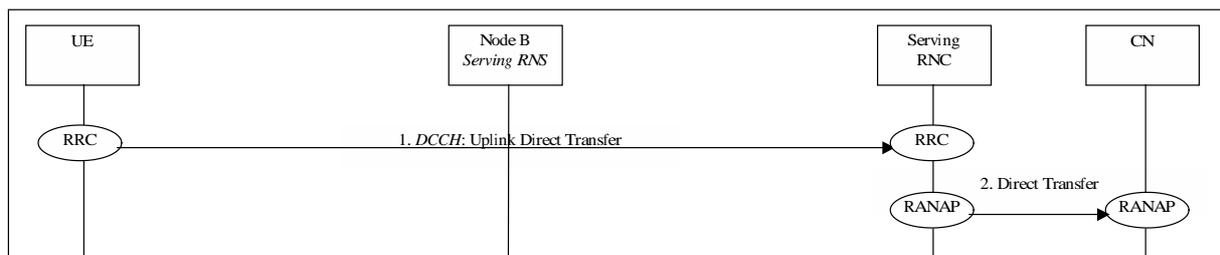


Abbildung 7.11: Direktübertragung von NAS Nachrichten - UE zu CN (aus [UTRAN.Bsp])

Für den Nachrichtenaustausch in der Aufwärtsstrecke entsteht folgender Ablauf:

1. Das Endgerät sendet eine RRC-Nachricht *Uplink Direct Transfer Message*, die die zu übertragende NAS-Nachricht enthält, über den *Dedicated Control Channel* an das SRNC.
2. Das SRNC schickt die NAS-Nachricht mittels einer RANAP-Nachricht *Direct Message* weiter an das CN.

Für den Nachrichtenaustausch in Abwärtsstrecke entsteht folgender Ablauf:

1. Das CN schickt die NAS-Nachricht mittels einer RANAP-Nachricht *Direct Message* an das SRNC.
2. Das SRNC sendet eine RRC-Nachricht *Uplink Direct Transfer Message*, die die zu übertragende NAS-Nachricht enthält, an das Endgerät.

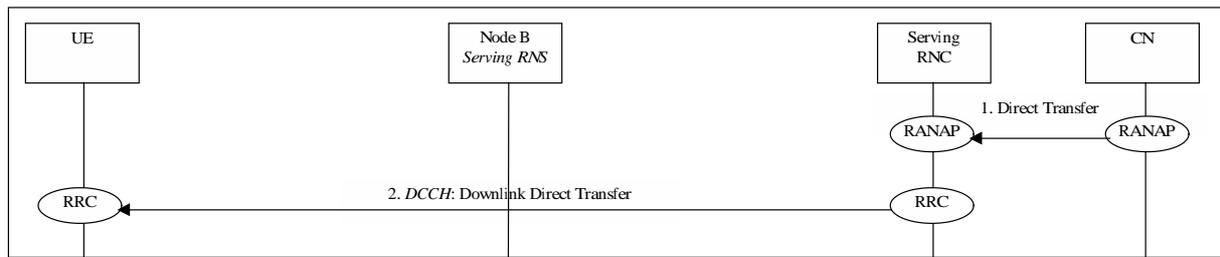


Abbildung 7.12: Direktübertragung von NAS Nachrichten - CN zu UE (aus [UTRAN.Bsp])

### 7.7.5 Handover: Zufügen einer Funkverbindung

Für ein *Soft-Handover* ist es notwendig, neben der bereits bestehenden Funkverbindung eine weitere aufzubauen. Die Abbildung 7.13 zeigt ein Szenario, in dem eine Funkverbindung von einem *Node B* hergestellt wird, die von einem anderen als dem kontrollierenden RNC angehört. Das Szenario kann auch für den Fall von Makrodiversität gelten.

1. Das SRNC entscheidet sich, einen neue Funkverbindung zu erstellen. Diese neue Funkverbindung wird über eine Zelle eröffnet, die von einem DRNC kontrolliert wird. Das SRNC fordert vom DRNC Funkressourcen durch das Senden der RANAP-Nachricht *Radio Link Addition Request* an. Die Parameter dieser Nachricht spezifizieren die Eigenschaften der Funkverbindung. Sofern dies die erste Funkverbindung für das entsprechende Endgerät über das DRNC ist, wird eine neue  $I_{ur}$ -Signalisierungsverbindung aufgebaut. Diese wird dann für alle RNSAP-Signalisierungsnachrichten, die das entsprechende Endgerät betreffen, benutzt.
2. Sofern die angeforderten Ressourcen verfügbar sind, sendet das DRNC die NBAP-Nachricht *Radio Link Setup Request* an das *Node B*, in der die Eigenschaften der Funkverbindung gemäß Schritt 1 hinterlegt sind.
3. Das *Node B* belegt die Ressourcen, beginnt mit dem physikalischen Funkempfang und antwortet mit der NBAP Nachricht *Radio Link Setup Response*.
4. Das DRNC sendet eine RNSAP-Nachricht *Radio Link Addition Response* an das SRNC.
5. Das SRNC initiiert den Aufbau der  $I_{ur}/I_{ub}$  Datentransportträger mittels des ALCAP Protokolls und nutzt dazu Informationen, die ihm in Schritt 4 übergeben wurden.
6. SRNC und *Node B* synchronisieren den  $I_{ur}$ -Datentransportträger in Abwärtsrichtung.
7. SRNC und *Node B* synchronisieren den  $I_{ur}$ -Datentransportträger in Aufwärtsrichtung. Danach beginnt das *Node B* mit der Funkübertragung an das Endgerät.
8. Das SRNC sendet eine RRC-Nachricht *Active Set Update* an das Endgerät über den DCCH.
9. Das Endgerät bestätigt mit der RRC-Nachricht *Active Set Update Complete*.

### 7.7.6 Freigabe einer RRC Verbindung

Das letzte Szenario, das ich hier vorstelle, zeigt das Beenden einer RRC-Verbindung, für die ein DCH aufgebaut wurde. Damit stellt es ein Gegenstück zum Verbindungsaufbau-Szenario in Abschnitt 7.7.3 dar. Nach dem Erstellen der Verbindung wurde eine Funkverbindung nach dem in Abschnitt 7.7.5 vorgestellten Szenario zugefügt. Diese muss nun wieder freigegeben werden.

1. Das Kernnetz initiiert die Freigabe des *Dedicated Channel* durch das Senden der Nachricht *Iu Release Command* an das SRNC.
2. Das SRNC bestätigt die Nachricht mit der *Iu Release Complete* Nachricht an das CN.
3. Das SRNC initiiert die Freigabe des  $I_u$  Datentransportträgers mittels des ALCAP Protokolls.
4. Das SRNC sendet die Nachricht *RRC Connection Release* an das Endgerät, um die Freigabe der RRC Verbindung einzuleiten.
5. Das Endgerät bestätigt die Freigabe der RRC Verbindung mit der Nachricht *RRC Connection Release Complete* an das SRNC.
6. Das SRNC initiiert die Freigabe der Funkverbindung durch das Senden der Nachricht *Radio Link Deletion* an das *Node B* des SRNC.
7. Das SRNC setzt die Freigabe der Funkverbindung fort durch das Senden der Nachricht *Radio Link Deletion* an das *Drift Radio Network Controller*.
8. Das DRNC initiiert die Freigabe der Funkverbindung durch das Senden der Nachricht *Radio Link Deletion* an das *Node B* des DRNC.
9. Das *Node B* des SRNC bestätigt die Freigabe der Funkverbindung durch das Senden der Nachricht *Radio Link Deletion Response* an das *Serving Radio Network Controller*.
10. Das *Node B* des DRNC bestätigt die Freigabe der Funkverbindung durch das Senden der Nachricht *Radio Link Deletion Response* an das SRNC.
11. Das DRNC bestätigt die Freigabe der Funkverbindung durch das Senden der Nachricht *Radio Link Deletion Response* an das SRNC.
12. Das *Node B* des SRNC initiiert die Freigabe des  $I_{ub}$  Datentransportträgers durch das ALCAP Protokoll.
13. Das *Node B* des DRNC leitet die Freigabe des  $I_{ub}$  Datentransportträgers durch das ALCAP Protokoll ein.
14. Das DRNC initiiert die Freigabe des  $I_{ur}$  Datentransportträgers durch das ALCAP Protokoll.

## 7.8 Zusammenfassung

In diesem Kapitel habe ich einen detaillierten Einblick in den Aufbau und die Funktionsweise des UTRAN gegeben.

Das UTRAN lässt sich unterteilen in eine Steuer- und Nutzerebene, wobei in der Steuerebene Anwendungsprotokoll-Nachrichten und in der Nutzerebene Nutzerdaten übertragen werden. Orthogonal zu den Ebenen existiert die Funknetzschicht und die Transportnetzschicht. Die Funknetzschicht enthält die verschiedenen Anwendungsprotokolle und Datenströme. Diese werden mittels Träger in der Transportnetzschicht zwischen verschiedenen UTRAN-Komponenten übertragen. Die Transportnetzschicht besteht aus ausgewählten Standardtechnologien.

Den Protokollstack an der  $U_u$ -Schnittstelle habe ich näher erläutert. Die Bitübertragungsschicht ist verantwortlich für die physikalische Übermittlung auf Bitebene. Der darüberliegenden Mediumzugriffssteuerung bietet sie Transportkanäle an, die sie in physikalische Kanäle umwandelt. Transportkanäle weisen konfigurierbare Eigenschaften auf, die die Übertragung charakterisieren.

Die Mediumzugriffssteuerung verwaltet den Zugriff vieler Verbindungen auf die geteilte Resource Luft. Dazu wandelt sie logische Kanäle, die sie als Dienst der Funkverbingungssteuerung anbietet, in Transportkanäle um, wobei ein Multiplexing mehrerer logischer Kanäle auf einen Transportkanal erfolgen kann.

Die Funkverbingungssteuerung bietet verschiedene Übertragungsmodi an. Sie kann eine gesicherte Übertragung gewährleisten. Diese Übertragungsmodi werden auf verschiedene logische Kanäle abgebildet.

Die darüberliegende Schicht der Funkbetriebsmittelsteuerung steuert und koordiniert die unteren Schichten und übernimmt Funktionen wie das Rundsenden von Nachrichten und den Funkruf. Darüberhinaus implementiert sie große Teile der Funkbetriebsmittelverwaltung, die für optimale Dienstgüte sorgen soll.

Die Funktionen der  $I_u$ -,  $I_{ur}$ - und  $I_{ub}$ -Schnittstellen habe ich kurz erläutert.

Im folgenden Kapitel gehe ich kurz auf das CN ein.

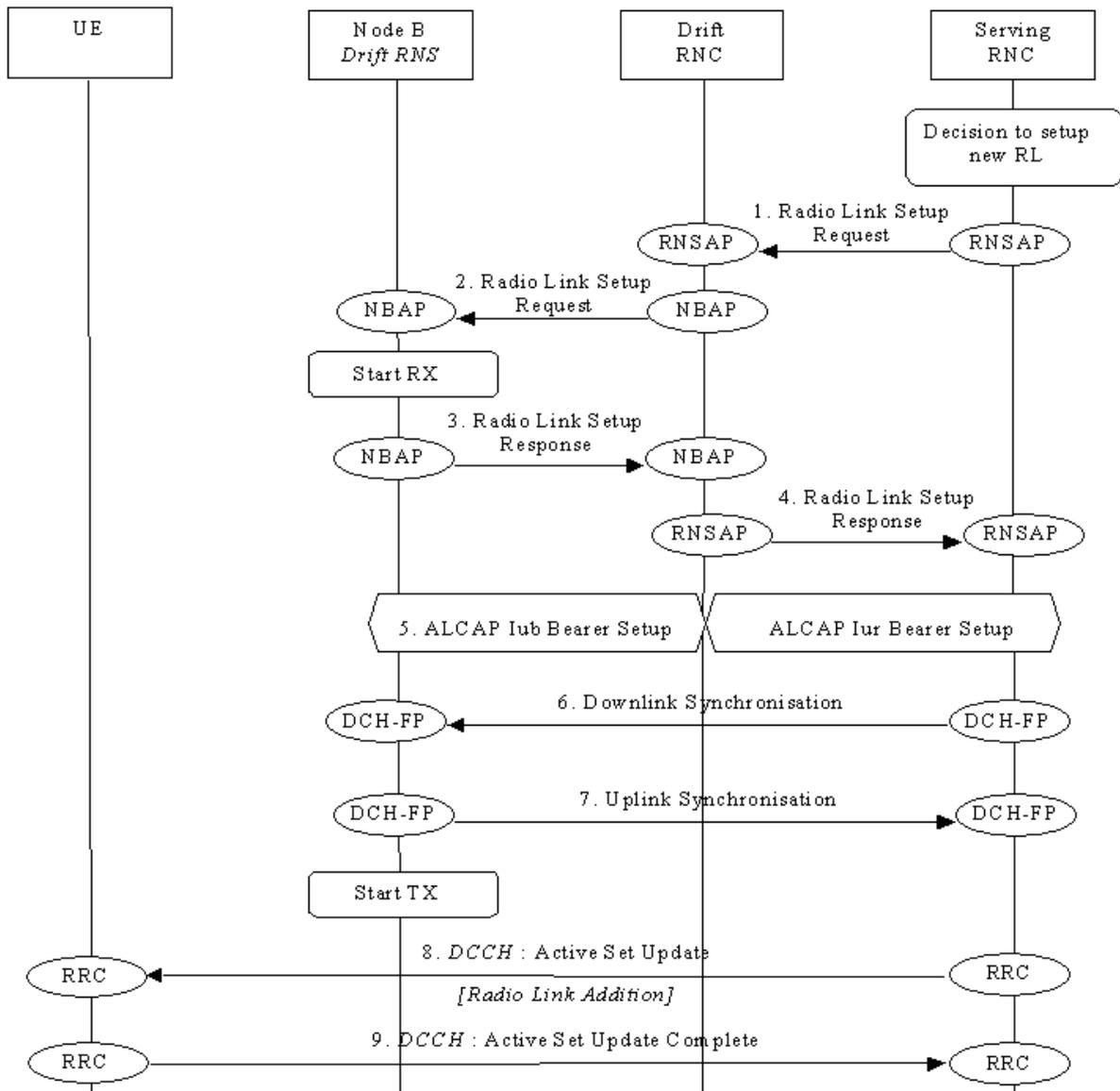


Abbildung 7.13: Zufügen einer Funkverbindung (aus [UTRAN.Bsp])

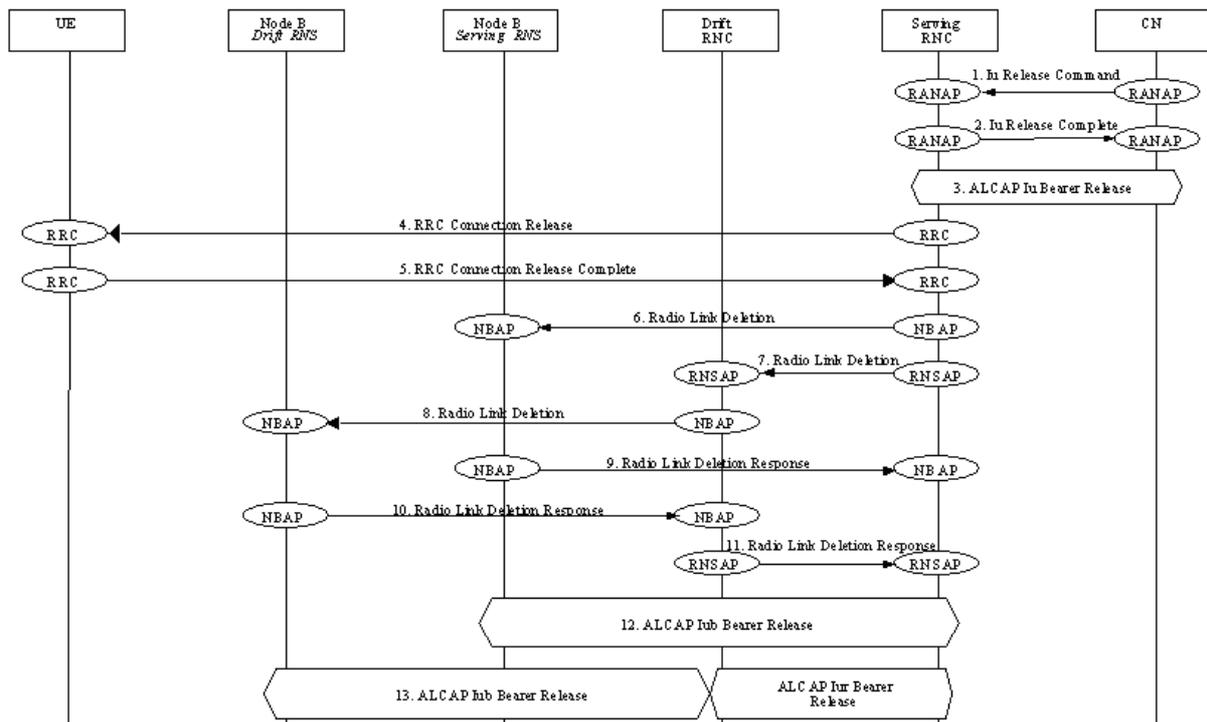


Abbildung 7.14: Freigabe einer RRC Verbindung (aus [UTRAN.Bsp])

## 8 Das UMTS-Kernnetz

Das UMTS-Kernnetz hat sich gegenüber GSM Phase 2+ im Gegensatz zum UTRAN nicht gravierend geändert. Daher beschränke ich mich auf eine entsprechend kürzere Erläuterung.

Betrachtet man das Kernnetz genauer (siehe Abbildung 5.3 auf Seite 19), so erkennt man zwei Teilsysteme, die sich in der Art der Datenübermittlung unterscheiden. Zum einen gibt es das klassische verbindungsorientierte Teilsystem, bestehend aus Mobilvermittlungsstellen und Besucherdateien. Das andere Teilsystem ist das verbindungslose Teilsystem, das aus *Serving GPRS Support Nodes* und *Gateway GPRS Support Nodes* besteht und der *General Packet Radio Service* Erweiterung von GSM entspricht. Beide Teilsysteme werden von der Heimatdatei, dem Authentisierungszentrum und dem Geräte-Identifizierungsregister unterstützt.

In den folgenden beiden Abschnitten gehe ich auf die beiden Teilsysteme ein. Für das verbindungslose Teilsystem werde ich kurz die Funktionsweise des GPRS erläutern. Die Darstellungen basieren im wesentlichen auf [Mur01].

### 8.1 Das verbindungsorientierte Teilsystem

Die Mobilvermittlungsstelle (MSC) im UMTS ändert sich gegenüber dem MSC im GSM kaum. Ich werde mich auf Neuerung im UMTS-MSC beschränken. Tiefergehende Beschreibungen des MSC innerhalb des GSM Systems bietet z. B. [Bla99].

Das Kernnetz des GSM stützt sich auf die klassische ISDN-Architektur mit einer Übertragungsrate von 64 kbit/s. Da das UTRAN höhere Datenraten übertragen kann, ist es nicht sinnvoll, diese Transportarchitektur aufrechtzuerhalten. Als „Ersatz“ bietet sich die Nutzung von ATM an. Mit ATM können die erforderlichen Datenraten erreicht werden.

Ein GSM System kodiert den Datenstrom eines Telefongesprächs mit einer konstanten Datenrate von 13 kBit/s. Die Umwandlung in die ISDN-typische Datenrate von 64 kBit/s geschieht im MSC. Dagegen wird in UMTS eine variable Datenrate zwischen vier und dreizehn kBit/s genutzt. Dies spart Funkbetriebsmittel an der Funkschnittstelle. Um diese Einsparung auch im Kernnetz zu erreichen, wird die Umwandlung an das Äußere des Netzes verlagert, d. h. an die Übergänge zu anderen Telefonnetzen. So kann die variable Datenrate innerhalb eines gesamten UMTS-Netzes genutzt werden. Darüber hinaus werden unnötige Umwandlungen zwischen verschiedenen Datenraten vermieden, wenn sich bei einem Gespräch beide Gesprächspartner in ein und demselben UMTS-Netz befinden. Die ATM Adaptionsschicht 2 ermöglicht die Übertragung von Daten mit variabler Bitrate sowie geringer Varianz in der Übertragungsverzögerung und wird daher im verbindungsorientierten Teilsystem als Transporttechnologie eingesetzt.

Eine weitere Nutzung betrifft das *Handover*. Im GSM-System kann immer nur eine Verbindung zwischen Netz und MS bestehen. Wechselt innerhalb eines Gesprächs die MS den Zuständigkeitsbereich des Feststationsteilsystem, so muß die Verbindung vom Netz zum „alten“ BSS freigegeben

und eine neue vom MSC zu „neuen“ BSS aufgebaut werden. In der Zeit zwischen diesen beiden Vorgängen können keine Daten übertragen werden. Die Umschaltung muß also so schnell wie möglich vollzogen werden.

Dieses Problem besteht bei UMTS nicht mehr. Hier besteht mit dem  $I_{ur}$ -Bezugspunkt die Möglichkeit, das „neue“ RNS zu der bestehenden Verbindung zuzuschalten bzw. den Datenstrom vom „neuen“ RNC über die  $I_{ur}$ -Schnittstelle und das „alte“ RNC zum MSC zu leiten. Dann kann eine weitere Verbindung vom MSC zum „neuen“ RNC aufgebaut werden. Ist diese hergestellt, kann die „alte“, umgeleitete  $I_{ur}$ -Verbindung freigegeben werden. Dabei wechselt das neue RNC die Rolle vom DRNC zum SRNC. Dieser Vorgang wird auch als „SRNC-Verlagerung“ bezeichnet (siehe Seite 29).

Die letzte hier vorgestellte Neuerung in UMTS ist die Möglichkeit, innerhalb eines Anrufes mehrere Medien bzw. Datenströme zu kombinieren. So soll es möglich sein, einen Anruf zu tätigen und dann während des Gesprächs ein Video anzuzeigen. Dies erfordert neue Fähigkeiten von der UMTS-Rufsteuerung: Datenströme dynamisch einer Verbindung hinzuzufügen oder von einer Verbindung zu entfernen.

Anstatt einen neuen Standard für die Kombination von Multimedia und Telefon zu schaffen, wurde entschieden, die GSM-Rufsteuerung mit H.324 zu kombinieren. H.324 ist eine Familie von Standards, die im Internet zur Steuerung von Multimediaanwendungen benutzt wird. Die GSM Rufsteuerung wird dazu genutzt, eine Verbindung zwischen Anrufer und Angerufenem herzustellen; H.324 wird benötigt, um Datenströme für verschiedene Medien der Verbindung zuzufügen bzw. ihr wieder zu entziehen.

Es ist allerdings noch nicht klar, inwieweit das verbindungsorientierte Teilsystem für Multimediaanwendungen eingesetzt wird, da der Trend für Multimedia in Richtung der Nutzung von IP-Netzen und damit des verbindungslosen Teilsystems geht.

## 8.2 Das verbindungslose Teilsystem

Das verbindungslose Teilsystem geht direkt aus der GSM-Erweiterung GPRS hervor. Diese erlaubt die verbindungslose Übertragung von Datenpaketen über die Funkschnittstelle und in der Netzinfrastruktur. Damit bietet es den effizienten Zugriff auf externe IP-basierte Netzwerke.

Im folgenden werde ich einen kurzen Überblick zu GPRS geben, um dann auf die Neuerungen in UMTS bzgl. GPRS einzugehen.

### 8.2.1 GPRS – ein Überblick

Der *General Packet Radio Service* führt Komponenten ein, die *Serving GPRS Support Node* bzw. *Gateway GPRS Support Node* genannt werden. Sie erfüllen folgende Aufgaben:

- Übertragung von Paketdaten,
- Verwaltung von GPRS-bezogenen Teilnehmerdaten,
- Abrechnung (engl. *billing*),
- Sicherheit,
- Steuerung virtueller Verbindungen und

- Mobilitätsmanagement inkl.
- *Roaming*, d. h. Wechsel zwischen Funkzellen, BSCs oder SGSNs eines Netzes und Wechsel zwischen zwei Mobilfunknetzen.

Dabei bedient die SGSN die Mobilfunkstation, führt über deren Ortsänderungen Buch und ist für Funktionen wie Kommunikationssicherheit und Zugriffskontrolle zuständig. Die GGSN ist eine Übergangseinheit zum externen Datennetz.

Das GPRS-Teilnetz ist IP-basiert.

Die Heimatdatei wird so erweitert, daß sie GPRS-bezogenen Informationen speichern kann.

Die Mobilfunkstationen sind in Klassen eingeteilt, je nach ihren Möglichkeiten, verbindungsorientierte und verbindungslose Datenübertragung zu realisieren:

**Klasse-A-Gerät** Geräte dieser Klasse können Daten simultan verbindungsorientiert und verbindungslos übertragen.

**Klasse-B-Gerät** Geräte dieser Klasse können Daten sowohl verbindungsorientiert als auch verbindungslos übertragen, jedoch nicht simultan, sondern zu jedem Zeitpunkt nur Daten in einer Vermittlungsart.

**Klasse-C-Gerät** Geräte dieser Klasse können Daten entweder verbindungsorientiert oder verbindungslos übertragen. Nicht-GPRS-fähige Geräte können Daten nicht verbindungslos übertragen. Mobilfunkstationen, die Daten nicht verbindungsorientiert übermitteln können, sind z. B. Geräte, die periodisch die Position eines Fahrzeugs melden und so Teil eines Flottenmanagements sind.

### Interaktion zwischen Mobilstation und Netz

Mit der GPRS-Einbuchungsprozedur (*GPRS Attach*) meldet sich eine MS beim GPRS-Teilsystem an. Dabei werden Informationen in der HLR aktualisiert. Die MS ist nun im GPRS-Netz registriert.

Um Datenpakete senden und empfangen zu können, muß die MS einen sogenannten PDP-Kontext aktivieren. Diese Prozedur informiert die Referenz-GGSN über die Anwesenheit der MS im Netz. Die Referenz-GGSN ist die GGSN, die für die MS und ihre Verbindung zum externen Datennetz verantwortlich ist und stellt auch den Ankerpunkt der Verbindung zwischen MS und externem Datennetz dar. Bei der Aktivierung des PDP-Kontexts wird der Mobilfunkstation eine IP-Adresse zugewiesen. Diese Adresse kann statisch oder dynamisch vergeben werden. Eine statische Adresse ist fest der MS zugewiesen, während eine dynamische aus einem Pool von Adressen gewählt wird, so daß der MS bei jeder Aktivierung eine andere Adresse zugewiesen wird.

Das Netz selbst kann auch die Aktivierung eines PDP-Kontextes einleiten, wenn es Daten aus dem externen Netz für eine MS mit statischer IP-Adresse empfängt.

Außer der Adresse beinhaltet der PDP-Kontext Informationen wie

- den Typ des externen Netzwerkes,
- die Adresse des Referenz-GGSN und
- Dienstgüte-Parameter.

Die Dienstgüte-Parameter charakterisieren eine Verbindung. Es können folgende Parameter festgelegt werden:

**Priorität** Es findet eine Priorisierung der Verbindungen auf den drei Stufen „hoch“, „mittel“ und „niedrig“ statt.

**Verzögerung** Dieser Parameter beschreibt die Verzögerung bei der Übertragung eines Datenpaketes vom Sender zum Empfänger. Es gibt drei Klassen mit jeweils vereinbarter maximaler Verzögerung, sowie eine *best effort*-Klasse.

**Zuverlässigkeit** Die Zuverlässigkeitsklasse legt die Fehlerkorrektur- und die Fehlertoleranzmöglichkeiten fest.

**Durchsatz** Für den Durchsatz können zwei Parameter angegeben werden: maximale Bitrate und durchschnittliche Bitrate.

Wird ein Datenpaket vom externen Netzwerk an die Mobilfunkstation geschickt, ergibt sich folgender Ablauf:

1. Das Referenz-GGSN nimmt das IP-Datenpaket entgegen.
2. Das GGSN holt sich Routing-Informationen bzgl. der IP-Adresse des Empfängers von der HLR.
3. Das GGSN verpackt das IP-Datenpaket in einem anderen IP-Paket und adressiert dieses an das SGSN, das für die geographische Region zuständig ist, in der sich die MS aufhält. Dies ist notwendig, da sich die Mobilität von Mobilfunkstationen nicht mit dem statischen Routing in IP-Netzen verträgt: in Abhängigkeit von seinem Aufenthaltsort sind unterschiedliche SGSN für eine MS zuständig. Man spricht in diesem Zusammenhang vom „*Tunneling*“ der Verbindung zwischen Mobilfunkstation und GGSN.
4. Das Datenpaket gelangt zur SGSN.
5. Die SGSN „entpackt“ das IP-Paket und sendet das ursprüngliche Datenpaket zur Mobilfunkstation.

Bei der umgekehrten Übertragungsrichtung von der Mobilfunkstation zum externen Netz ergibt sich folgender Ablauf:

1. Die Mobilfunkstation überträgt ein Datenpaket zur SGSN.
2. Die SGSN verpackt das Datenpaket und schickt es zum Referenz-GGSN, dessen Adresse sie aus der HLR erhalten hat.
3. Das GGSN entpackt das Datenpaket und schickt die ursprünglichen Daten in das externe Netz.

Bei der Ausbuchung der Mobilfunkstation aus dem GPRS-Netz werden alle bestehenden PDP-Kontexte einer MS deaktiviert.

## Mobilitätsmanagement

Das GPRS-Netz verfolgt die Bewegungen einer MS auf zwei Ebenen: auf Zellebene und auf der sogenannten *Routing Area*-Ebene. Eine *Routing Area* umfaßt mehrere Zellen. Wenn eine MS sich in das GPRS-Netz eingebucht hat, jedoch keinen PDP-Kontext aktiviert hat, werden ihre Bewegungen auf Ebene der *Routing Area* verfolgt, bei aktivem PDP-Kontext auf Zellebene.

Die Mobilität der Verbindungen zwischen SGSNs und GGSN wird durch das GPRS-Tunnelprotokoll (*GPRS Tunneling Protocol*, GTP) gewährleistet. Dieses kapselt, wie bereits dargestellt, die ursprünglichen IP-Pakete. Außerdem können mittels GTP Informationen zwischen zwei SGSNs übertragen werden.

Wenn die Ortsänderung einer MS den Wechsel der zuständigen SGSN beinhaltet, werden die Daten des PDP-Kontexts von der alten SGSN zur neuen SGSN übertragen. Zusätzlich wird eine Weiterleitung von alter zu neuer SGSN eingerichtet, damit Daten, die sich zum Zeitpunkt des Umschaltens noch auf dem Weg zwischen GGSN und alter SGSN befinden, an der neuen SGSN ankommen. Dann wird das Referenz-GGSN über den GGSN-Wechsel informiert, damit es den bestehenden GTP-Tunnel aktualisieren kann. In der Heimatdatei müssen die Information der alten SGSN gegen die Informationen der neuen SGSN ausgetauscht werden.

Eine Zusammenarbeit von verbindungsorientierten und verbindungslosen Teilsystem ist möglich: MSC und SGSN können kooperieren, um den Signalisierungsverkehr zu verringern, indem z. B. Ortsaktualisierung für das verbindungsorientierte und das verbindungslose Teilsystem in einer Prozedur kombiniert werden.

Nicht alle der hier vorgestellten Funktionen werden von heutigen GPRS-Systemen unterstützt. So unterstützt das System der Firmal T-Mobil Funktionen wie z. B. die Vergabe statischer Adressen und das Aushandeln von Dienstgüte-Parametern nicht. [Wit00]

### 8.2.2 Innovationen im GPRS-Teilsystem

Das GPRS-Teilsystem wird in UMTS als Teil des Kernnetz übernommen. Ein kritisches Attribut innerhalb von GPRS ist die Dienstgüte.

Die vom Nutzer wahrgenommen Güte eines Dienstes hängt von den Eigenschaften der Verbindung ab, über die der Dienst realisiert wird. UMTS definiert folgenden Dienstgüte-Klassen:

**Konversationsklasse** Diese Klasse ist für Echtzeit<sup>1</sup>-Unterhaltungen zwischen Nutzern vorgesehen. Dazu gehören neben normaler Telefonie *Voice-over-IP* und Videokonferenzdienste. Verbindungen dieser Dienstgüte-Klasse müssen eine geringe, konstante Übertragungsverzögerung besitzen und die zeitlichen Beziehungen zwischen den verschiedenen Datenströme müssen aufrecht erhalten werden.

**Streaming-Klasse** Diese Klasse ist für Echtzeit-Multimedia-Daten wie Video und Audio gedacht. Auch hier müssen die zeitlichen Beziehungen zwischen den einzelnen Datenströmen aufrecht erhalten werden. Der Verbindungsdienst ist allerdings immer vom Server zum Nutzer gerichtet. Außerdem gibt es keine besonderen Anforderungen an geringe Übertragungsverzögerungen, da die empfangende Anwendung den Datenstrom behandeln kann (z. B. durch Pufferung).

---

<sup>1</sup>Der Begriff *Echtzeit* wird hier im umgangssprachlichen Sinne der psychosensorisch wahrgenommenen „echten“ Zeit genutzt. Im Gegensatz dazu ist der Begriff Echtzeit-Rechnen fachlich definiert als „Aufgaben von Rechnern, die innerhalb von vorgegebenen Zeitschranken beendet werden.“

**Interaktive Klasse** Diese Klasse wird für Interaktionen des Nutzers mit Netzdiensten genutzt. Dazu gehört das Blättern im *Web*, Datenbankabfragen und ähnliches. Diese Verbindungsklasse stellt besondere Anforderungen an die Gesamtzeit von Nutzeranfrage und Serverantwort (*round-trip-delay*), da die Nutzerapplikation nur eine begrenzte Zeit auf die Antwort warten wird. Außerdem ist die Datenintegrität wichtig, d. h. eine niedrige Fehlerbitrate wird gefordert.

**Hintergrundklasse** Verbindungen dieser Klasse übertragen Daten, die im Hintergrund, d. h. mit niedriger Priorität, empfangen werden. Dazu gehört z. B. Empfang von eMail und SMS.

Ähnlich wie im verbindungsorientierten Teilsystem besteht im verbindungslosen Teilsystem die Möglichkeit, mehrere Datenströme zu kombinieren. Die Lösung, die Kombinierbarkeit durch die H.323 Standardfamilie zu ermöglichen, wurde auch im verbindungslosen Teilsystem übernommen. Hier wird H.323 statt mit der Rufsteuerung (siehe 8.1) mit der GPRS-Sessionsteuerung verbunden. Im Endeffekt ist es möglich, Datenströme sowohl aus dem verbindungsorientierten als auch dem verbindungslosen Teilsystem simultan zu kombinieren.

Durch Einführung von verbindungslosen Systemen in Telekommunikationsnetzen wird die Zusammenarbeit der Gebiete Telekommunikation und Rechnerkommunikation zunehmend wichtiger. Ein Beispiel dafür stellt die Möglichkeit der Anwendung des *Mobile IP*-Standards innerhalb von UMTS dar. Der in der Rechnerkommunikationswelt entwickelte Standard erlaubt es einem mobilen Computer, sich frei in anderen IP-Netzen zu bewegen, ohne seine IP-Adresse ändern zu müssen. Die ihn betreffenden Datenpakete werden immer zu ihm geleitet, egal in welchem Netz er sich aufhält.

Unter den UMTS-Standarddokumenten gibt es für die Version 1999 einen Report [GSM.MIP], in dem aufgezeigt wird, wie *Mobile IP* innerhalb von UMTS eingesetzt werden könnte. Unter den Dokumenten späterer Versionen findet sich dieser Report nicht mehr. Die Standards selber erwähnen *Mobile IP* nach meinen Erkenntnissen nicht. Es ist nicht ersichtlich, ob der Einsatz von *Mobile IP* für UMTS implizit als Option für die Betreiber vorgesehen ist, oder ob sich das Konsortium inzwischen dagegen entschieden hat, wie [Kim01] auf Nachfrage behauptete.

# Literaturverzeichnis

- [BC01] BERRUTO, ERMANNIO; COLOMBO, GIOVANNI. »The New Service Requirements and the Factors Behind Innovation«. In: Muratore [Mur01], Kapitel 2
- [BFMS01] BARBERIS, SERGIO; FRANCESCHINI, DANIELE; MAGNANI, NICOLA PIO; SCARRONE, ENRICO. »The UMTS Access Network«. In: Muratore [Mur01], Kapitel 4
- [BG92] BOHLÄNDER, EGON; GORE, WALTER. *Mobilkommunikation: Technologien und Einsatzmöglichkeiten*. Bergheim: DATACOM-Verlag Lipinski, 1992. ISBN 3-89238-055-4
- [Bla99] BLACK, UYLESS D. *Second generation mobile and wireless networks*. New Jersey: Prentice Hall, 1999. ISBN 0-13-621277-8
- [BMC] »Radio Interface for Broadcast/Multicast Services«. 3GPP Technical Specification 25.324, Valbonne, Frankreich, März 2000
- [DB96] DAVID, KLAUS; BENKNER, THORSTEN. *Digitale Mobilfunksysteme*. Stuttgart: Teubner, 1996. ISBN 3-519-06181-3
- [FunkIF] »Radio Interface Protocol Architecture«. 3GPP Technical Specification 25.301, Valbonne, Frankreich, Juni 2000
- [Goi98] GOISER, ALOIS M. J. *Handbuch der Spread-Spectrum Technik*. Wien, New York: Springer-Verlag, 1998. ISBN 3-211-83080-4
- [GSM.MIP] »Combined GSM and Mobile IP mobility handling«. 3GPP Technical Report 22.100, Valbonne, Frankreich, Juni 2000
- [Kim01] KIM, PETER. »Challenges within R&D for UMTS«, 5. Mai 2001. Vortrag im Rahmen der future days 2001, Berlin
- [Lip97] LIPINSKI, KLAUS (Herausgeber). *Lexikon ATM*. Bonn: International Thomson Publishing, 1997. ISBN 3-8266-4038-1
- [LR00] LUNDSJÖ, J.; RINNE, M. »UTRA Transport Control Function«. In: Prasad et al. [PMK00], Kapitel 6
- [Mur01] MURATORE, FLAVIO (Herausgeber). *UMTS: Mobile communications for the future*. Chichester, New York, Weinheim, Brisbane, Singapore, Toronto: John Wiley & Sons, 2001. ISBN 0-471-19829-7

- [PDCP] »Packet Data Convergence Protocol (PDPC)«. 3GPP Technical Specification 25.323, Valbonne, Frankreich, Juni 2000
- [PMK00] PRASAD, RAMJEE; MOHR, WERNER; KONHÄUSER, WALTER (Herausgeber). *Third generation mobile communication systems*. Universal personal communications. Boston, London: Artech House, 2000. ISBN 1-58053-082-6
- [Rad01] RADIOCOMMUNICATIONS AGENCY. »Mobile Phones: Jargon Explained«. Internet-Seite, November 2001  
URL <http://www.radio.gov.uk/topics/mpsafety/school-audit/jargon.htm>
- [RLC] »RLC Protocol Specification«. 3GPP Technical Specification 25.322, Valbonne, Frankreich, Juni 2000
- [Tek01] TEKTRONIX. »UMTS Protocols and Protocol Testing«. Ein „Web ProForum Tutorial“, Juni 2001  
URL <http://www.iec.org>
- [tel01] TELTARIF.DE ONLINEVERLAG GMBH. »HSCSD und GPRS«. Internet-Seite, November 2001  
URL <http://www.teltarif.de/i/gprs.html>
- [UMTS] »UMTS Phase 1«. 3GPP Technical Specification 22.100, Valbonne, Frankreich, Juni 2000
- [UTRAN] »UTRAN Overall Description«. 3GPP Technical Specification 25.401, Valbonne, Frankreich, Juni 2000
- [UTRAN.Bsp] »UTRAN Functions, examples on signaling procedures«. 3GPP Technical Report 25.931, Valbonne, Frankreich, Juni 2000
- [Wal00] WALKE, BERNHARD. *Mobilfunknetze und ihre Protokolle*, Band 1, Kapitel 5. Stuttgart, Leipzig, Wiesbaden: Teubner Verlag, zweite Auflage, 2000. ISBN 3-519-16430-2
- [Wit00] WITT, MARTIN (Herausgeber). *GPRS – Start in die mobile Zukunft*. Bonn: MIT-Verlag, 2000. ISBN 3-8266-0696-5

# Abkürzungsverzeichnis

- AAL ..... ATM Adaptionsschicht engl. *ATM Adaption Layer*. Die ATM Adaptionsschicht paßt die Low-Level-Transportdienste für die erforderliche Dienstgüte der darüberliegenden Klasse von Anwendungsschichten an. Darüber hinaus stellt die AAL-Schicht die dazugehörigen Steuer- und Managementfunktionen zur Verfügung.
- ALCAP ..... *Access Link Control Application Protocol* Generischer Name für die Transportsignalisierungsprotokolle, die zum Aufsetzen und Abbauen von Transportträgern benutzt werden.
- AM ..... Bestätigter Datenübertragungsmodus engl. *Acknowledged Mode*. Bestätigter Datenübertragungsmodus des RLCs.
- ARQ ..... *Automatic Repeat Request* Fehlerbehandlungsverfahren, bei dem der Empfänger bei Dateneinheiten, die als fehlerhaft erkannt werden, beim Sender ein Übertragungswiederholung anfordert.
- ATM ..... Asynchroner Übertragungsmodus engl. *Asynchronous Transfer Mode*. Eine Transport-Technologie.
- AUC ..... Authentisierungszentrum engl. *Authentication Center*. Datenbank mit Informationen über Authentikation und Verschlüsselung.
- BCCH ..... *Broadcast Control Channel* Logischer Steuerkanal für Verteilung von Systemkontrollinformationen auf der Abwärtsstrecke.
- BCH ..... *Broadcast Channel* Ein gemeinsamer Transportkanal, der zum Rundsenden von Systeminformationen dient.
- BMC ..... Rundsendesteuerung engl. *Broadcast/Multicast Control*. Teil der Schicht 2 im Protokollstapel des  $U_u$ -Bezugspunktes, die für die Übertragung von Nutzerdaten an mehrere Endpunkte genutzt wird.
- BSC ..... Feststationssteuerung engl. *Base Station Controller*. Komponente zur Verwaltung der Funkschnittstelle im GSM.
- BSS ..... Feststationsteilsystem engl. *Base Station System*. Der Teil des GSM Systems, das sich mit der Funkübertragung befaßt.
- BTS ..... Funkfeststation engl. *Base Transceiver Station*. Sende- und Empfangskomponente im GSM.

## Abkürzungsverzeichnis

- CAMEL ..... *Customized Application for Mobile Enhanced Logic* Ermöglicht die einfache Erweiterung eines GSM- oder UMTS-Netzes um intelligente Dienste.
- CCCH ..... *Common Control Channel* Logischer Steuerkanal zum Austausch von Steuerinformationen zwischen Endgerät und UTRAN, wenn keine RRC-Verbindung zwischen ihnen besteht.
- CDMA-2000 .. *Code Division Multiple Access-2000* Amerikanischer Mobilfunkstandard der dritten Generation.
- CN ..... Kernnetz engl. *Core Network*. Gruppe von Komponente des Mobilfunksystems, die unabhängig von der verwendeten Funktechnologie arbeitet.
- CPCH ..... *Common Packet Channel* Ein gemeinsamer Transportkanal der Aufwärtsstrecke.
- CTCH ..... *Common Dedicated Traffic Channel* Unidirektionaler Punkt-zu-Mehrpunkt Kanal, über den Daten der Nutzerebene an alle oder eine Gruppe von Endgeräten rundgesendet werden.
- DCCH ..... *Dedicated Control Channel* Logischer Steuerkanal für dedizierte Steuerinformationen zwischen Endgerät und UTRAN bei bestehender RRC-Verbindung.
- DCH ..... *Dedicated Channel* Ein bidirektionaler, dedizierter Transportkanal.
- DRNC ..... *Drift Radio Network Controller* RNC eines Drift RNS (siehe dort).
- DSCH ..... *Downlink Shared Channel* Ein gemeinsamer Transportkanal der Abwärtsstrecke.
- DTCH ..... *Dedicated Traffic Channel* Logischer Verkehrskanal für die Übertragung von Nutzerdaten zwischen einem Endgerät und dem UTRAN.
- EDGE ..... *Enhanced Data Rates for GSM Evolution* GSM-Erweiterung um ein neues Modulationsverfahren, durch das höhere Datenraten erreicht werden.
- EIR ..... Geräte-Identifizierungsregister engl. *Equipment Identity Register*. Zentrale Datenbank mit Gerätekennummern.
- ETSI ..... *European Telecommunications Standards Institute* Europäische Standardisierungsorganisation für Telekommunikation.
- FACH ..... *Fast Access Channel* Ein gemeinsamer Transportkanal der Abwärtsstrecke zur Übertragung kleiner Datenmengen.
- FAUSCH ..... *Fast Uplink Signalling Channel* Ein dedizierter Transportkanal in der Aufwärtsstrecke
- FDD ..... Frequenzteilungsduplex engl. *Frequency Division Duplex*. Hin- und Rückübertragung (Duplex) wird über verschiedene Frequenzen realisiert.

## Abkürzungsverzeichnis

FDMA .....	Frequenzvielfachzugriff	engl. <i>Frequency Division Multiple Access</i> . Ein Vielfachzugriffsverfahren, das Kanäle durch Frequenzen unterscheidet.
GGSN .....	<i>Gateway GPRS Support Node</i>	Die Übergangseinheit zu anderen Datennetzen im GPRS-Teilsystem.
GMSC .....	<i>Gateway MSC</i>	Die Übergangseinheit zu anderen Netzen in einem GSM-System bzw. im CS-Teil eines UMTS-Systems.
GPRS .....	<i>General Packet Radio Service</i>	Erweiterung von GSM, mit der Daten verbindungslos übertragen werden können.
GSM .....	<i>Global System for Mobile Communications</i>	Europäischer Standard für ein Mobilfunknetz der zweiten Generation.
GSM .....	<i>Global System for Mobile Communications</i>	Europäischer Standard für ein Mobilfunknetz der zweiten Generation.
GTP .....	GPRS-Tunnelprotokoll	engl. <i>GPRS Tunneling Protocol</i> . Protokoll für die Verbindung von GGSN und SGSN sowie zwischen SGSN und SGSN.
HLR .....	Heimatdatei	engl. <i>Home Location Register</i> . Enthält alle signifikanten Daten eines Teilnehmers.
HSCSD .....	<i>High Speed Circuit Switched Data</i>	Erweitert GSM um einen kanalvermittelten Datendienst mit maximal 76,8 kbit/s.
IMSI .....	Internationale Mobilstationskennung	engl. <i>International Mobile Station Identifier</i> . Identifiziert eine Mobilstation eindeutig.
IMT-2000 .....	<i>International Mobile Telecommunications-2000</i>	Weltweiter Rahmenstandard für Mobilfunknetze der dritten Generation.
IP .....	Internet-Protokoll	Standardisiertes paketorientiertes Transportprotokoll.
IPv4 .....	Internet-Protokoll Version 4	
IPv6 .....	Internet-Protokoll Version 6	
ISDN .....	<i>Integrated Services Digital Network</i>	Ein Telekommunikationsprotokoll für Sprach- und Datenübertragung im Festnetz.
ISP .....	Internetdiensteanbieter	engl. <i>Internet Service Provider</i> . Firma oder Organisation, die den Zugang zum Internet anbietet.
ITU .....	<i>International Telecommunication Union</i>	Internationales Gremium für Standardisierungen in der Telekommunikation.
MAC .....	Mediumzugriffssteuerung	engl. <i>Medium Access Control</i> . Teilschicht der Schicht 2 im Protokollstapel des $U_u$ -Bezugspunktes.

## Abkürzungsverzeichnis

- MS ..... Mobilfunkstation engl. *Mobile Station*. Eine Mobilstation ist eine Einheit, die auf eine Menge von UMTS Diensten zugreifen kann. Diese Einheit kann stationär oder mobil sein und ein oder mehrere Nutzer bedienen. In dieser Arbeit wird das Wort *Endgerät* als Synonym zu Mobilfunkstation gebraucht.
- MSC ..... Mobilvermittlungsstelle engl. *Mobile Switching Center*. Zentrales Element im Kernnetz, das für die Kontrolle der Anrufsignalisierung zuständig ist.
- NAS ..... Nichtzugriffsschicht engl. *Non Access Stratum*. Eine Schicht von Protokollen zwischen dem Endgerät und dem CN.
- NBAP ..... *Node B Application Part* Anwendungsprotokoll des  $I_{ub}$ -Bezugspunkt.
- OCCCH ..... *ODMA Common Control Channel* Logischer Steuerkanal für die Übermittlung von Steuerinformationen zwischen zwei Endgeräten im ODMA-Modus, wenn keine RRC-Verbindung vorhanden ist.
- ODCCH ..... *ODMA Dedicated Control Channel* Logischer Steuerkanal für die Übermittlung von Steuerinformationen zwischen zwei Endgeräten im ODMA-Modus, wenn eine RRC-Verbindung vorhanden ist.
- ODCH ..... *ODMA Dedicated Channel*
- ODMA ..... *Opportunity Driven Multiple Access* Im TDD-Modus kann ein Endgerät als *Relay* dienen, d.h. es existiert eine Funkverbindung zwischen zwei Endgeräten.
- ODTCH ..... *ODMA Dedicated Traffic Channel* Dient zur Übertragung von Nutzerdaten zwischen zwei Endgeräten im ODMA-Modus.
- ORACH ..... *ODMA Random Access Channel* Das RACH-Pendant im ODMA-Modus.
- PCCH ..... *Paging Control Channel* Logischer Steuerkanal für das Paging.
- PCH ..... *Paging Channel* Ein gemeinsamer Transportkanal, über den z. B. der Funkruf realisiert wird.
- PDCP ..... Paketdatenkonvergenz-Protokoll engl. *Packet Data Convergence Protocol*. Teil der Schicht 2 im Protokollstapel des  $U_u$ -Bezugspunktes. Dient der transparenten Übertragung von PDUs anderer Protokolle, z. B. TCP/IP.
- PDU ..... Protokolldateneinheit engl. *Protocol Data Unit*. Dateneinheit innerhalb eines bestimmten Protokolls, die zwischen zwei Partnerinstanzen einer Schicht ausgetauscht wird.
- PU ..... *Payload Unit* Stellt einen Teil einer RLC-SDU dar, die zusammen mit einem RLC-Header zu einer RCL-PDU wird.
- QoS ..... Dienstgüte engl. *Quality of Service*. Im engeren Sinne die Parameterisierung von Protokollen zur Bestimmung des Übertragungsverhaltens. [Lip97]

## Abkürzungsverzeichnis

RAB .....	Funkzugriffsträger	engl. <i>Radio Access Bearer</i> . Funkzugriffsträger sind Dienste, die die Zugriffsschicht der NAS bietet, um Daten zwischen Endgerät und CN zu übertragen.
RACH .....	<i>Random Access Channel</i>	Ein gemeinsamer Transportkanal auf der Aufwärtsstrecke zur Übertragung kleiner Datenmengen.
RANAP .....	<i>Radio Access Network Application Part</i>	Anwendungsprotokoll des $I_{ur}$ -Bezugspunktes.
RB .....	Funkträger	engl. <i>Radio Bearer</i> . Von der RLC-Teilschicht angebotener Dienst zur Übertragung von Nutzerdaten zwischen Endgerät und SRNC.
RLC .....	Funkverbindungssteuerung	engl. <i>Radio Link Control</i> . Teilschicht der Schicht 2 im Protokollstapel des $U_u$ -Bezugspunktes.
RNC .....	Funknetzsteuerung	engl. <i>Radio Network Controller</i> . Steuerkomponente, die sich im wesentlichen um RRM kümmert.
RNS .....	Funknetzteilsystem	engl. <i>Radio Network Subsystem</i> . Das UTRAN ist logisch in mehrere RNS unterteilt.
RNSAP .....	<i>Radio Network Sublayer Application Part</i>	Anwendungsprotokoll des $I_{ur}$ -Bezugspunktes.
RNTI .....	Temporäre Kennung im Funknetz	engl. <i>Radio Network Temporary Identifier</i> . Wird vergeben, um ein Endgerät zu identifizieren.
RRC .....	Funkbetriebsmittelsteuerung	engl. <i>Radio Resource Control</i> . Die Schicht 3 im Protokollstapel des $U_u$ -Bezugspunktes, die die Funkressourcen überwacht und kontrolliert.
RRM .....	Funkbetriebsmittelverwaltung	engl. <i>Radio Resource Management</i> . Management von Funkressourcen, d.h. Kontrolle der Nutzung und Integrität der Funkressourcen.
SAP .....	Dienstzugriffspunkt	engl. <i>Service Access Point</i> . Schnittstelle zu einem Dienst.
SDU .....	Dienstdateneinheit	engl. <i>Service Data Unit</i> . Datenelement, das über eine am SAP bereitgestellte Verbindung transportiert werden soll. Häufig eine PDU der darüberliegende Schicht.
SGSN .....	<i>Serving GPRS Support Node</i>	Komponente, die die Daten verbindungslos von GGSN zum Engerät leitet und umgekehrt.
SHCCH .....	<i>Shared Channel Control Channel</i>	Logischer Steuerkanal für Übermittlung von Informationen über gemeinsame Kanäle.
SIM .....	Teilnehmeridentitätsmodul	engl. <i>Subscriber Identity Modul</i> . Modul in der Mobilstation, die alle teilnehmerspezifischen Informationen enthält.

## Abkürzungsverzeichnis

SMS.....	Kurznachrichtendienst	engl. <i>Short Message Service</i> . Ein Kurznachrichtendienst im GSM-Netz, mit dem man Nachrichten bis zu 160 Zeichen verschicken kann.
SRNC.....	<i>Serving Radio Network Controller</i>	Netzseitiger Endpunkt einer Verbindung zwischen Endgerät und RNS.
TBS.....	Transportblockmenge	engl. <i>Transport Block Set</i> . Eine Menge von Transportblöcken auf einem Transportkanal.
TCP.....	Transportkontroll-Protokoll	engl. <i>Transport Control Protocol</i> . Verbindungsorientiertes Schicht 3 Protokoll.
TDD.....	Zeiteilungsduplex	engl. <i>Time Division Duplex</i> . Hin- und Rückübertragung (Duplex) wird durch verschiedene Zeitschlitze realisiert.
TDMA.....	Zeitvielfachzugriff	engl. <i>Time Division Multiple Access</i> . Ein Vielfachzugriffsverfahren, das Kanäle unterschiedlichen Zeitschlitzen zuordnet.
TF.....	Transport Format	Charakterisierung von TBS.
TFC.....	Transportformatkombination	engl. <i>Transport Format Combination</i> . Kombination von Transportformaten, die auf verschiedenen parallelen Transportkanälen genutzt werden.
TFCI.....	Transportformatkombinationsindex	engl. <i>Transport Format Combination Index</i> . Zeiger, der eine Transportformatkombination innerhalb des TFCS referenziert.
TFCS.....	Transportformatkombinationsmenge	engl. <i>Transport Format Combination Set</i> . Menge aller möglichen TFCs.
TFI.....	Transportformatindex	engl. <i>Transport Format Index</i> . Zeiger, der ein Transportformat innerhalb des TFS referenziert.
TFS.....	Transportformatmenge	engl. <i>Transport Format Set</i> . Eine Menge von Transportformaten, deren semi-statischer Teil gleich ist.
TR.....	Transparenter Übertragungsmodus	engl. <i>Transparent Mode</i> . Datenübertragungsmodus des RLCs. Daten werden ohne Protokoll-Overhead weitergegeben.
TTI.....	Übertragungszeitintervall	engl. <i>Transmission Time Interval</i> . Die Zwischenankunftszeit zweier TBS auf einem Transportkanal.
UDP.....	<i>User Datagram Protocol</i>	Verbindungsloses Schicht 3 Protokoll.
UE.....	Endgerät	engl. <i>User Equipment</i> . Stellt die mobile Engeräteeinheit dar und umfaßt die mobile Einheit (ME) und die (U)SIM-Karte.

## Abkürzungsverzeichnis

- UM..... Unbestätigter Datenübertragungsmodus engl. *Unacknowledged Mode*. Unbestätigter Datenübertragungsmodus des RLCs.
- UMTS..... *Universal Mobile Telecommunications System* Internationaler Standard für ein Mobilfunknetz der dritten Generation.
- USCH..... *Uplink Shared Channel* Ein gemeinsamer Transportkanal auf der Aufwärtstrecke.
- USIM..... UMTS Teilnehmeridentitätsmodul engl. *UMTS Subscriber Identity Modul*. Teil der SIM-Karte, die Informationen und Funktionen, die zur Authentisierung des Endgerätes und zur Verschlüsselung der Kommunikation notwendig sind, beinhaltet.
- UTRAN..... *UMTS Terrestrial Radio Access Network* Gruppe von Komponenten, die Daten zwischen Endgeräten und CN über eine irdische Funkverbindung überträgt.
- UWC-136..... *Universal Wireless Communications 136* Mobilfunkstandard, der im wesentlichen auf GSM Phase 2+ entspricht.
- VLR..... Besucherdatei engl. *Visitor Location Register*. Enthält die Aufenthaltsortsabhängigen Daten eines Nutzer.
- W-CDMA..... Breitband-Codemultiplex-Vielfachzugriff engl. *Wideband Code Division Multiple Access*. Auf Kodierung und Frequenzspreizung basierendes Funkdatenübertragungsverfahren.

# Glossar

**Abwärtsstrecke** Der Übertragungsweg vom Funknetz zum Endgerät. Engl. *downlink* (DL).

*Seite 25*

**Aufwärtsstrecke** Der Übertragungsweg vom Endgerät zum Funknetz. Engl. *uplink* (UL).

*Seite 25*

**Bezugspunkt** Die Verbindung zwischen zwei funktionalen Einheiten. Die Implementation wird Schnittstelle genannt. Die Begriffe Bezugspunkt und Schnittstelle werden in dieser Arbeit synonym gebraucht. *Seite 17*

**Funkruf** engl. *Paging*. Funkruf ist der Vorgang der aktiven Suche eines Endgerätes durch das Netz.

*Seite 12*

**Handover** Die Übertragung der Verbindung des Nutzers von einem Funkkanal zum anderen. Dieser kann zur gleichen oder einer anderen Zelle gehören. *Seite 6*

$I_u$  Bezugspunkt zwischen *Core Network* und RNS. *Seite 26*

$I_{ub}$  Bezugspunkt zwischen *Node B*- und RNC-Komponenten. *Seite 26*

$I_u^{CS}$  Verbindungsorientierter Bezugspunkt zwischen *Core Network* und RNS. *Seite 26*

$I_u^{PS}$  Verbindungsloser Bezugspunkt zwischen *Core Network* und RNS. *Seite 26*

$I_{ur}$  Logische Bezugspunkt zwischen zwei RNC-Komponenten. *Seite 26*

**logischer Kanal** Ein logischer Kanal ist ein Informationsstrom, der für die Übertragung eines bestimmten Typs von Informationen über die Funkschnittstelle zuständig ist. Logische Kanäle werden von der MAC-Schicht zur Verfügung gestellt. *Seite 31*

**Mobile IP** Ein Protokoll, welches einem mobilen Rechnerknoten erlaubt, sich innerhalb anderer IP-Netze frei zu bewegen und dabei seine ursprünglich IP-Adresse zu behalten. *Seite 61*

**Node B** Ein logischer Knoten, der für die Funkübertragung und den Funkempfang in eine oder mehreren Zelle zum bzw. vom Endgerät verantwortlich ist. *Seite 18*

**PDP-Kontext** Repräsentiert eine GPRS-Sitzung. *Seite 58*

**Steuerkanal** Ein Steuerkanal überträgt Informationen der UTRAN-Steuerebene. *Seite 40*

**Transportkanal** Ein Transportkanal ist definiert durch die Art, wie die Information übertragen wird. *Seite 30*

**UTRAN Zugriffspunkt** Ein konzeptioneller Punkt innerhalb des UTRAN, der Funkübertragung und Funkempfang durchführt. Ein UTRAN Zugriffspunkt ist einer speziellen Zelle zugeordnet, d.h. es existiert ein UTRAN Zugriffspunkt pro Zelle. Ein UTRAN Zugriffspunkt ist das UTRAN-seitige Ende einer Funkverbindung.

$U_u$  Bezugspunkt zwischen Endgeräten und *Node B*. *Seite 26*

**Verkehrskanal** Ein Verkehrskanal überträgt Informationen der UTRAN-Nutzerebene. *Seite 40*

**Zelle** Ein Funknetzwerk-Objekt, das von einem Endgerät eindeutig identifiziert werden kann. Dies geschieht mittels einer (Zell)Identifikation, die innerhalb eine geographischen Umgebung von einem UTRAN Zugriffspunkt ausgesendet wird. Eine Zelle nutzt das W-CDMA-Verfahren und kann entweder im TDD- oder FDD- Modus arbeiten. *Seite 19*