

Kopplung von DECT- und GSM-Mobilfunksystemen über das A-Interface

Jan Steuer, Jens Biesterfeld, Klaus Jobmann

Universität Hannover, Institut für Allgemeine Nachrichtentechnik, - Kommunikationsnetze -
Appelstr. 9A, 30167 Hannover, Tel. 0511/762-2837, steuer@ant.uni-hannover.de

1 Kurzfassung

In Europa wurden zwei digitale Mobilfunksysteme vom European Telecommunications Standards Institute (ETSI) standardisiert. DECT (Digital Enhanced Cordless Telecommunications) ist ein Standard, der hauptsächlich für die picozellulare schnurlose Telefonie in Gebäuden konzipiert wurde. Der sehr erfolgreiche GSM-Standard (Global System for Mobile Communications) wurde für eine flächendeckende Funkversorgung entwickelt. In einigen Anwendungsfällen ist eine Kopplung der Systeme sinnvoll, um die Vorteile beider Systeme miteinander zu verbinden. So ist z. B. die Anbindung von DECT-TK-Anlagen an das GSM-System bei der Versorgung von Büroräumen in Gebäuden oder in Gebieten mit hoher Teilnehmerdichte vorteilhaft.

Im Hinblick auf Mobilfunksysteme der dritten Generation, die eine Integration der bestehenden Systeme gewährleisten müssen, ist die Untersuchung des Protokollinterworkings der bestehenden Systeme ebenfalls notwendig.

Sogenannte Dualmode-Endgeräte, die die Kommunikation mit beiden Systemen erlauben, sind bereits als funktionierende Prototypen auf der letzten CeBIT vorgestellt worden.

Bei der Kopplung der beiden Mobilfunkstandards auf der Ebene der Vermittlungsschicht entstehen mehrere Probleme. Die verwendeten Protokolle, der Umfang der Standardisierung und insbesondere die innere Struktur sind unterschiedlich. Verschiedene Möglichkeiten der Kopplung werden vorgestellt, wobei die Realisierung am A-Interface vertieft dargestellt wird.

2 GSM/DCS-System

Das GSM/DCS-System besteht neben den Mobilstationen aus dem Base Station Subsystem (BSS) und dem Festnetz mit den Mobilvermittlungsstellen (MSC), die für die Steuerung des Netzes zuständig sind (s. **Bild 1**). Bestandteile des BSS sind die Basisstation (BTS, Base Transceiver Station) und der Base Station Controller (BSC). Die Funkverbindung erfolgt zwischen mobilem Endgerät und BTS, die Kanalvergabe wird durch den BSC gesteuert. Die

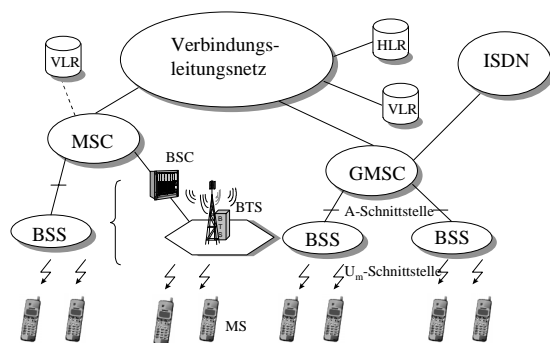


Bild 1 GSM/DCS Netzstruktur

Vermittlungsstellen sind untereinander und mit den Datenbanken über ein Festleitungsnetz verbunden. Weiterhin sind in den Vermittlungsstellen Schnittstellen (Gateways) zu anderen Netzen z. B. dem ISDN vorhanden.

Das HLR (Home Location Register) beinhaltet die Benutzerdaten wie Rufnummer, Gerätedaten, Sicherheitsschlüssel und abonnierte Dienste, unabhängig vom gegenwärtigem Ort des Teilnehmers.

Im HLR ist auch der Aufenthaltsbereich (Location Area) des Teilnehmers vermerkt, damit dieser bei ankommenden Rufen im Netz gefunden werden kann, ohne ihn in jeder Zelle zu suchen. Die aktuelle Position des Netznutzers wird im VLR (Visitor Location Register) gespeichert.

Die Trägerfrequenzen liegen bei 900 MHz (GSM) bzw. 1800 MHz (Digital Cellular System, DCS), die Duplexkanaltrennung erfolgt im Frequenzbereich. Da die Frequenzzuordnung statisch ist, muß eine Frequenzplanung vor dem Aufbau eines Netzes bzw. der Erweiterung bestehender Netze erfolgen. Die maximalen Zellgrößen mit Rundstrahlantennen liegen im Bereich 35 km (GSM) bzw. 8 km (DCS). Das System ist für einen flächendeckenden zellularen Aufbau konzipiert. Die Endgeräte können sich mit bis zu 250-500 km/h (GSM) bzw. 125-250 km/h (DCS) fortbewegen. Aufgrund der hohen erlaubten Geschwindigkeit und der großen Reichweite sind die Endgeräte teurer und haben einen höheren Energieverbrauch als DECT-Endgeräte. **Bild 2** zeigt den vereinfachten Aufbau des OSI-Modells an der U_m-Schnittstelle.

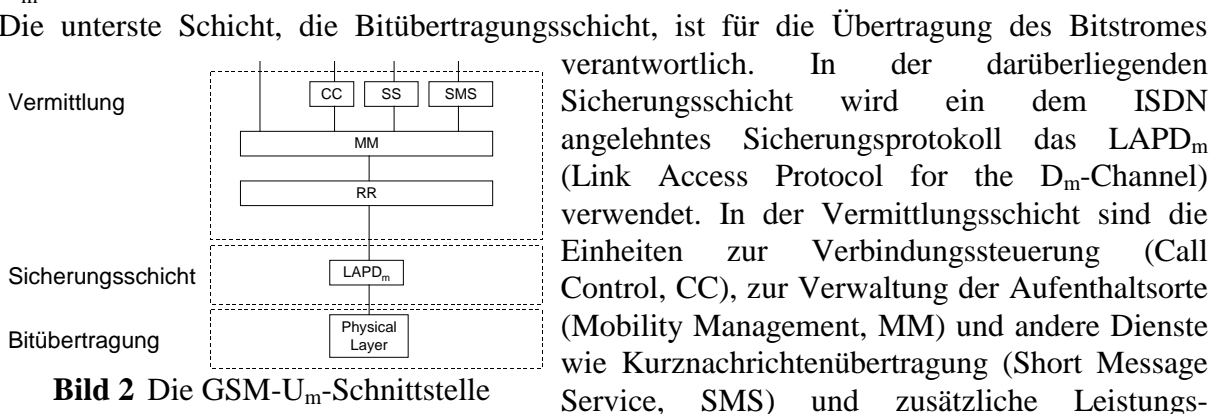


Bild 2 Die GSM-U_m-Schnittstelle

verantwortlich. In der darüberliegenden Sicherungsschicht wird ein dem ISDN angelehntes Sicherheitsprotokoll das LAPD_m (Link Access Protocol for the D_m-Channel) verwendet. In der Vermittlungsschicht sind die Einheiten zur Verbindungssteuerung (Call Control, CC), zur Verwaltung der Aufenthaltsorte (Mobility Management, MM) und andere Dienste wie Kurznachrichtenübertragung (Short Message Service, SMS) und zusätzliche Leistungsmerkmale (Supplementary Services, SS) angesiedelt. Aus **Bild 2** wird ersichtlich, daß das Mobility Management funktional unter den anderen Diensten und der Call Control liegt und das Radio Ressource Management (RR) als Dienst benutzt. Diese Struktur im OSI-Modell ist im DECT-System anders ausgebildet, wie im nächsten Kapitel erläutert wird.

3 DECT-System

Das DECT-System weist prinzipiell eine ähnliche Netzstruktur auf, ist aber weit weniger standardisiert. Die Kommunikation über die Luftschnittstelle erfolgt zwischen den

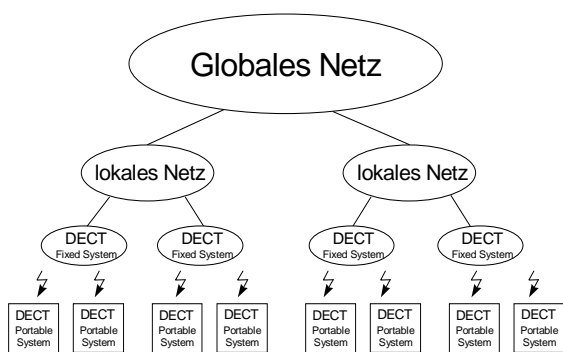


Bild 3 DECT Systemstruktur

Endgeräten, hier Portable Parts (PP) genannt, und den Feststationen, Fixed Part (FP). Dieses ist der Teil des DECT-Systems, der von der ETSI im DECT Standard [1] festgelegt wurde. Da das System ursprünglich für private, firmeninterne oder Telepoint- Systeme gedacht war, wurde für das Festnetz keine Festlegung getroffen, um kostenkünstige Systeme zu ermöglichen. Die Vernetzung kann in unterschiedlichen Hierarchie-Ebenen z.B. über das ISDN erfolgen. Ein Beispiel für die Netzstruktur des DECT Systems zeigt **Bild 3**. Die Trägerfrequenzen liegen im Frequenzbereich von 1880-1900 MHz. DECT verwendet ein TDMA-FDMA-Multiplexverfahren mit Time Devision Duplex. Die maximale Zellgröße mit Rundstrahlantenne liegt im Freien bei 300 und im Gebäude bei 30-50 m. Für Systeme mit größerer

Reichweite sind Maßnahmen gegen die Auswirkungen von Mehrwegeausbreitungen zu ergreifen, die der DECT-Standard nicht vorsieht [2]. Die Ausdehnung der Zellen ist von den örtlichen Gegebenheiten, wie Hindernissen, Abschirmungen usw., abhängig. Das System benutzt eine dynamische Kanalauswahl, so daß keine Frequenzplanung nötig ist. Mehrere Systeme können parallel existieren, wobei nicht synchronisierte Systeme sich im ungünstigen Fall aber gegenseitig die nutzbare Kanalanzahl reduzieren [3]. Das System ist für eine punktuelle Ausleuchtung von Gebieten mit hoher Teilnehmerdichte und für quasi-stationäre Endgeräte ausgelegt.

Die Struktur des DECT Standards im OSI-Modell ist in **Bild 4** zu sehen. Die Bitübertragungsschicht sorgt auch hier für die Anpassung des Bitstromes an das Übertragungssystem. Die Sicherungsschicht ist im DECT in die Medienzugriffssteuerung (MAC) und die logische Verbindungssteuerung (DLC) aufgeteilt. Die MAC sorgt für die Anpassung des zu übertragenden Bitstromes an das Medium. Sie besteht aus der Cell Site Function, der jeweils eine Instanz der Bitübertragungsschicht zu geordnet ist. Eine Instanz kann beispielsweise ein DECT-Transmitter/ Receiver für 12 Duplexkanäle sein. Ebenfalls zur MAC gehört die Funktion der Cluster Control (CCF), die mehrere CSF zusammenfaßt und verwaltet. Aufsetzend auf die MAC steuert die logische Verbindungssteuerung die Zuordnung der logischen Kanäle und nimmt die Sicherung der Signalisierungsdaten und wahlweise auch der Nutzdaten vor. Diese Funktionen sind in den Einheiten LAPC (Link Access Protocol C-Plane), L_C und L_b untergebracht. Der Zweig LAPC-L_C wird im wesentlichen für verbindungsorientierte Punkt-zu-Punkt Übertragungen benutzt, der Zweig L_b für verbindungslose Punkt-zu-Mehrpunkt- oder Punkt-zu-Punkt-Übertragung vom Fixed zum Portable Part. Über der logischen Verbindungssteuerung ist die Vermittlungsschicht (NWK) plaziert, die den Aufbau der Nutzkanäle gesteuert. Es können sowohl verbindungsorientierte leitungs- oder paketvermittelte als auch verbindungslose Dienste benutzt werden. Die

Verteilung der aus der Schicht 2 kommenden Nachrichten nimmt die Link Control Entity vor.

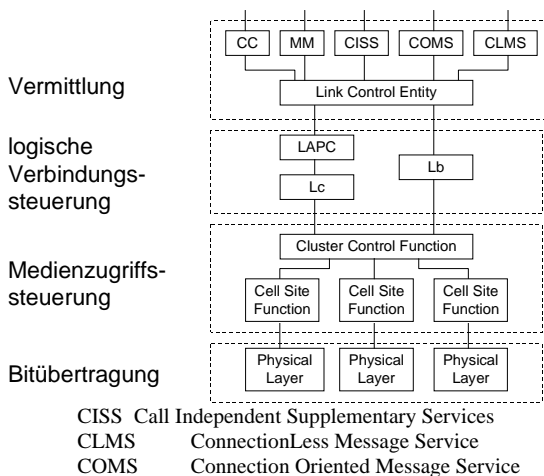


Bild 4 DECT-Schichtenmodell

einen besteht die Möglichkeit der direkten Kopplung an der A-Schnittstelle, zum anderen kann eine Kopplung der Systeme über ein Weitverkehrsnetz z. B. ISDN erfolgen [4][8]. Mobilitätsfunktionen sind bei der zweiten Variante erst in der Erweiterung DSS1+ vorgesehen, die sich noch in der Standardisierungsphase befindet.

Die Kopplung der Funksysteme untereinander als auch die Kopplung eines Funksystems mit dem ISDN muß, wegen der inkompatiblen Standards und der unterschiedlichen Kanalstruktur (s. Kap. 2 und 3), auf der Ebene der Vermittlungsschicht des OSI-Modells stattfinden [5][1].

Bei der Kopplung der beiden Mobilfunkstandards auf der Ebene der Vermittlungsschicht entstehen mehrere Probleme, da die verwendeten Protokolle unterschiedlich sind. Betroffen

4 Kopplungsvarianten

Aufgrund der oben angesprochenen unterschiedlichen Eigenschaften der Systeme liegt der Gedanke an eine Verwendung des für den Anwendungszweck jeweils geeigneteren Systems nahe: Das GSM/DCS-System z.B. für hohe Geschwindigkeiten und großflächige Outdoor-Versorgung, DECT für hohe Teilnehmerdichten und Indoor-Versorgung.

Für die Kopplung der Systeme gibt es zwei wesentlich unterschiedliche Möglichkeiten: Zum

sind davon sowohl die Nachrichten der Call Control als auch die des Mobility Managements. Die Call Control stellt die Nachrichten zur Verbindungssteuerung bereit. Das Mobility Management umfaßt die Funktionen zur Verwaltung der Aufenthaltsorte der Teilnehmer und die Sicherheitsmechanismen wie Authentisierung des Teilnehmers bzw. des Netzes und Verschlüsselung der Daten auf der Luftschnittstelle. Während im GSM/DCS-System die Signalisierung im gesamten Netz, inklusive Festnetz, standardisiert worden ist, ist dieses bei DECT nur für den Nachrichtenaustausch zwischen PP und FP auf der Luftschnittstelle erfolgt. Die für das Mobility Management anlagenübergreifender DECT-Systeme nötigen Datenbanken sind im DECT Standard nicht festgelegt worden, obwohl sie für ein selbständiges System ohne Kopplung zum GSM/DCS nötig sind. Letzteres hat dazu geführt, daß die Hersteller firmeneigene Lösungen für die Datenbanken und die Festnetzsignalisierung implementieren.

5 Kopplung an der A-Schnittstelle

Die Kopplung an der A-Schnittstelle ist sinnvoll, wenn ein GSM/DCS-Netzbetreiber statt der GSM/DCS- die DECT-Luftschnittstelle benutzen will. In diesem Fall wird die gesamte Signalisierung über die A-Schnittstelle abgewickelt [6]. Die Protokollkopplung wird durch einen europäischen Standard vorgegeben [7]. Der Standard behandelt das Umwandeln der Nachrichten der Call Control und des Mobility Managements.

Die DECT-Feststation wird über eine Interworking Unit (IWU) an das GSM/DCS-Netz angeschlossen. Die IWU verhält sich gegenüber der GSM/DCS-Vermittlungsstelle wie ein GSM/DCS-Base Station Subsystem (BSS), d.h. es muß das komplette Protokoll des BSS bezüglich der Call Control und des Mobility Managements von der DECT-GSM-IWU nachgebildet werden. Damit alle DECT-Endgeräte auf die Schnittstelle zugreifen können, sollten sie das Generic Access Profile¹ einhalten. Die Endgeräte werden mit einer Einheit versehen, die wichtige Benutzerinformationen enthält und zur Authentisierung bzw. Verschlüsselung dient, z. B. in Form einer Einschubkarte wie dem Subscriber Identity Module im GSM/DCS.

Die Authentisierung der Teilnehmer findet über das GSM/DCS-System statt. Hierzu muß die oben erwähnte Einheit die GSM/DCS-Teilnehmerkennung speichern. Die Verschlüsselung auf der Luftschnittstelle wird durch das DECT-System durchgeführt und dem GSM/DCS als erfolgreich aktiviert gemeldet. Wie oben erwähnt, sieht das Interworking Profile allerdings das einfache Austauschen des GSM/DCS-Funksystems durch das DECT-Funksystem an der A-Schnittstelle vor.

Den Bildern 2 und 4 ist zu entnehmen, daß die einzelnen Einheiten, wie Call Control und Mobility Management im DECT-System parallel, während sie im GSM/DCS-System kaskadiert angeordnet sind. Aufgrund dieser Anordnung müssen in jedem Call Control-Zustand des DECT-Schicht-3-Zustandsautomaten alle Mobility Management Nachrichten empfangen werden können. Daher muß der Zustandsautomat der Interworking Unit so aufgebaut sein, daß es in keinem Systemzustand zu „Dead locks“ kommt.

Diese Art der Kopplung ist für viele Zwecke nur bedingt geeignet, da sie sehr unflexibel ist und keine eigene DECT-Mobilitätsverwaltung vorsieht, die imstande ist, mit den GSM/DCS-Datenbanken zu kommunizieren. Größere Firmen, die ihre Standorte durch eigene Netze verbinden, werden aber gerade auf die Eigenschaft der DECT-internen Teilnehmerverwaltung

¹ Das Generic Access Profile ist ein Standard, der von fast allen wichtigen Herstellern von DECT-Endgeräten unterstützt wird. Er bildet eine Untermenge des DECT-Protokolls und erlaubt die herstellerunabhängige Benutzung von DECT-Endgeräten an der Luftschnittstelle

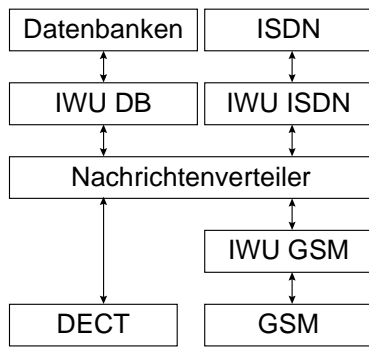


Bild 5 Test-System-Struktur

großen Wert legen, da auf den einzelnen Firmengeländen DECT-Funksysteme eingesetzt werden und die Mitarbeiter standortübergreifend erreichbar sein sollen. Außerdem kann der Kostenfaktor der erforderlichen Implementation einer Zeichengabesystem Nr. 7 (ZGS-Nr. 7) -Schnittstelle an einem Fixed Part eine hemmende Rolle spielen.

Bei der Kopplung der Systeme über die A-Schnittstelle sind keine „öffentlich zugänglichen“ DECT-spezifischen Datenbanken notwendig. Es reicht eine interne Datenbank, die die Daten für die Feststation verwaltet, die Fixed Part Database. Die weiteren Daten werden von den Datenbanken im GSM/DCS-System verwaltet. Zu diesem Zweck ist im Standard eine

Zuordnungsvorschrift der GSM/DCS-Teilnehmerkennung (International Mobile Subscriber Identity, IMSI) zur DECT-Teilnehmerkennung (International Portable User Identity; IPUI) angegeben. Dabei wird die komplette IMSI mit einem Zusatz als DECT-Teilnehmerkennung verwendet. Die netzinternen DECT-Teilnehmernummern werden also in diesem Anwendungsfall von der GSM/DCS-Numerierung vorgegeben, aber auch vom GSM/DCS verwaltet. Der Zugriff der DECT-Endgeräte auf eine Feststation wird durch die Zugriffsrechte geregelt, die über eine Kennung (Access Right Identifier) gesteuert wird, welcher pro FP einen bestimmten Wert hat. Durch die Verwendung einer bestimmten Klasse dieser Rechte kann z. B. allen GSM/DCS-Teilnehmern der Zugriff auf bestimmte Feststationen erlaubt werden.

6 Realisierung

Zur Verifikation der oben besprochenen Konzepte wurde ein Testsystem entwickelt. Die Realisierung des Systems wurde mit Hilfe der Spezifikations- und Beschreibungssprache SDL durchgeführt. Zur Programmierung mit dieser Sprache stehen komfortable graphische Werkzeuge zur Verfügung, die sowohl die Erstellung als auch Syntaxprüfung und Test komplexer Systeme erlauben. Als Entwicklungsumgebung zur Erstellung der SDL-Diagramme, der Simulation des Systems und zur C-Code-Erzeugung wurde im vorliegenden Fall das SDL-Entwicklungswerkzeug SDT verwendet. Die Implementierung der Signalisierung auf der Ebene der Vermittlungsschicht, sowie die Konzeptionierung von Datenbanken, die sowohl mit der Signalisierung des GSM/DCS- als auch des DECT-Systems arbeiten, wurden durchgeführt.

Die Simulation beinhaltet die in den Interworking Profilen DECT/GSM sowie DECT/ISDN festgelegte Protokollwandlung.

Die Eingabe in das SDL-System und die Ausgabe aus dem System sind aus diesem Grund die Bitströme, die von der Schicht 3 an die Schicht 2 und umgekehrt übergeben werden. Die Schicht 3 des DECT-Systems wird in diesem SDL-System über einen Block Nachrichtenverteiler, der die Signalisierungsnachrichten vom DECT den entsprechenden Interworking Units oder einer weiteren Instanz der DECT Schicht 3 im Falle von Interngesprächen zuordnet, mit den anderen Einheiten über Interworking Units verbunden. Der Nachrichtenverteiler ist auf die Bearbeitung mehrerer Signalisierungsverbindungen, also die Vervielfältigung der Einheiten der IWU und der jeweiligen Partnerinstanz in der Vermittlungsschicht eingerichtet.

Weiterhin sorgt der Nachrichtenverteiler für die richtige Zuordnung der Nachrichten zu den verschiedenen Instanzen. Zur Simulation der Signalisierung mit Hilfe der implementierten Softwaremodule wurden anhand von Message Sequence Charts (MSC) mehrere Signalisierungsszenarien getestet.

Mit MSCs kann die Signalisierung besonders übersichtlich simuliert und dargestellt werden. In **Bild 6** wird ein ausgewähltes Message Sequence Chart vorgestellt, das die gewählte Signalisierung verdeutlicht.

Der Nachrichtenfluß findet in diesem System wie folgt statt. Eine Nachricht aus dem DECT-System, die aus der Schicht 2 (env) gemeldet wird, wird im Nachrichtenverteiler registriert und, falls es sich um eine neue Signalisierungsverbindung handelt, in einer Tabelle der zugehörigen Instanz des DECT-Systems, hier die GSM-IWU, zugeordnet.

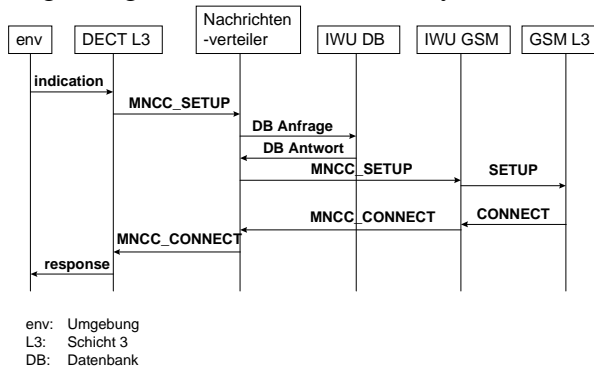


Bild 6 Nachrichtenflußbild

dieser Schnittstelle vorgestellt Für das DECT-System wird in [9] ein Konzept zur Bereitstellung von Funktionen zur Mobilitätsverwaltung, das an die Verfahren im GSM/DCS angelehnt ist, erläutert.

In Zukunft werden die Mobilfunksysteme der nächsten Generationen die Vorteile der beiden heute existierenden Systeme vereinen, so daß eine Kopplung verschiedener System nicht mehr nötig ist. Da aber viele neue Installationen mit den aktuellen Systemen getätigt werden, wird noch für einige Zeit der Bedarf nach der Benutzung beider Systeme bestehen. Außerdem ist für zukünftige System ein Migrationspfad im Gespräch, der es vorsieht, die „alten“ Systeme für eine unbestimmte Zeitdauer weiter zu benutzen. Die Untersuchung der Kopplung der bestehenden Protokolle bzw. Systeme ist schon aus dem Grund notwendig, um in den zukünftigen Systemen Probleme bei der Kopplung, die durch unterschiedliche innere Strukturen entstehen, von vorne herein zu unterbinden.

7 Zusammenfassung und Ausblick

Verschiedene Konzepte zur Kopplung der heute existierenden Mobilfunkstandards DECT und GSM/DCS wurden aufgezeigt und bezüglich ihrer Anwendbarkeit diskutiert. Die Realisierung eines Testsystems einer Kopplung an der A-Schnittstelle mittels SDL wurde mit den besonderen Schwierigkeiten an

8 Literatur

- [1] ETS 300 175-1-9: Radio Equipment and Systems (RES); Digital Enhanced Cordless Telecommunications (DECT) Part 1- Part 9 Edition 2 (1996)
- [2] Jobmann, K.; Gerpott, T. J.; Ochsner, H.: Bewertung von RLL-Technologien; Universität Duisburg, Universität Hannover, 1996
- [3] Walke, B.: Technische Realisierbarkeit öffentlicher DECT-Anwendungen im Frequenzband 1880-1900MHz, Aachen, 1995
- [4] Tuttlebee, W. H. W.: Cordless telephones and cellular radio: synergies of DECT and GSM, Electronics & Communication Engineering Journal , Oktober 1996
- [5] Mouly, M.; Pautet, M.-B.: The GSM System for Mobile Communications, F-91129 Palaiseau, France, 1992
- [6] Steuer, J.: Untersuchung und Simulation der Kopplung von DECT- und GSM-Mobilfunksystemen über das A-Interface, Diplomarbeit, Universität Hannover, 1995
- [7] ETSI: ETS 300 370, DECT/GSM interworking profile, 1995
- [8] ETSI: ETS 300 434-1, DECT and ISDN interworking for end system configuration, 1996
- [9] Biesterfeld, J.: The Application of MAP in DECT Systems, Proceedings of the 2nd Workshop on Personal Wireless Communications, Aachen 1996