

Mobilkommunikation

Version 1.1

Dieses Dokument beinhaltet Kontrollfragen für das Modul Mobilkommunikation im Sommersemester 2007. Die Fragen sind aus verschiedenen Literaturen zusammenkopiert und zum Teil habe ich die eine oder andere Frage selber formuliert.

Die Antworten zu den Fragen sind selber erarbeitet worden und können aus diesem Grund Fehler enthalten. Falls dir eine Antwort seltsam vorkommt, bin ich um dein Feedback dankbar.

Auf der letzten Seite findest du noch einige Fragen, die ich nicht schriftlich beantwortet habe. Diese Fragen sollen einem helfen, die einzelnen Abläufe vor Auge führen zu können. Ferner verweise ich immer wieder auf das SSD und dessen Beschreibung. Du findest dieses als separates Dokument.

Viel Erfolg an der Prüfung

Fabio Ferrari, 10. Juli 2007

Mit welchem Verfahren und typischen Übertragungsgeschwindigkeiten werden Sprachdaten in einem leitungsvermittelten Netzwerk übertragen?

GSM Mobilfunknetze zählen genauso wie drahtgebundene Fernsprechnetze, zu den leitungsvermittelnden Kommunikationsnetzen (Circuit Switched Networks – passiert im Switching Center). In der Vermittlungsstelle befindet sich dafür eine Verbundmatrix, die einen beliebigen Eingang mit einem beliebigen Ausgang verbinden kann.

Übertragungsgeschwindigkeit von **64 kbit/s** bis 32 Zeitschlitze * 8 Bit * 8000 *1/s = **2.048 Mbit/s** für noch höhere Übertragungsgeschwindigkeiten könnte STM-64 eingesetzt werden 9953.8 Mbit/s.

Die Signalisierung finde mit dem SS-7 Verfahren statt.

Welche wichtigen Komponenten gibt es im GSM Funkt-Feststationssystem (Radio Subsystem, RSS oder manchmal auch BSS genannt) und welche Aufgaben erfüllen Sie?

Es enthält alle Elemente und Funktionen, die für die Verbindung zwischen Netzwerk und mobilen Teilnehmern über die Funkschnittstelle, die auch Luftschnittstelle genannt wird, notwendig sind.

- **Feststationssystem (Base Station Subsystem, BSS)** Ein GSM-Netz enthält viele BSS, von denen jedes durch **einen** BSC gesteuert wird. Ein BSS umfasst alle Funktionen, die für eine permanente Funkverbindung zu einer MS notwendig sind. Weiterhin werden im BSS die Kodierung/Dekodierung der Sprachdaten und die Anpassung der Datenraten vom/zum drahtlosen Netz vorgenommen.
- **Sende-/Empfangsstation (Base Transceiver Station, BTS)** Eine BTS enthält alle funkttechnischen Einrichtungen wie Antennen, Signalverarbeitung und Verstärker für die Übertragung.
- **Feststationssteuerung (Base Station Controller, BSC)** Ein BSC verwaltet mehrere BTS für den jeweiligen Standort. Die Funktionen beinhalten die Reservierung von Funkfrequenzen, die Verbindungsübergabe von einem BTS zu einem anderen innerhalb des BSS und den Rundruf (paging) einer MS.
- **MS Mobile Station**

Funktion	BTS	BSC
Verwaltung der Funkkanäle		X
Frequenzspringen	X	X
Verwaltung der Datenkanäle im Festnetz		X
Abbildung von Datenkanälen im Festnetz auf Funkkanäle		X
Kanalkodierung und -dekodierung	X	
Datenratenanpassung	X	
Verschlüsselung und Entschlüsselung	X	X
Rundruf	X	X
Messung der Signalstärke in der Aufwärtsrichtung	X	
Verkehrsmessung		X
Authentifizierung		X
Registrierung und Aktualisierung des Aufenthaltsorts		X
Verwaltung der Verbindungsübergabe		X

Welche wichtigen Komponenten gibt es im GSM Network Subsystem (NSS) und welche Aufgaben erfüllen sie?

Das Herz von GSM stellt das Mobilvermittlungssystem (Network and Switching Subsystem, NSS) dar. Es verbindet das drahtlose Netz mit herkömmlichen öffentlichen Netzen, vollzieht die Übergabe von Verbindungen zwischen verschiedenen BSS, umfasst Funktionen für die weltweite Ortung von Teilnehmern und unterstützt Abrechnung und Roaming von Teilnehmern zwischen verschiedenen Netzbetreibern in unterschiedlichen Ländern

- **Dienstvermittlungsstellen (Mobile Services Switching Centre, MSC)** Ein MSC ist eine hochleistungsfähige ISDN-Vermittlungsstelle. Eine der Aufgaben ist der Verbindungsaufbau zu anderen MSCs und zu den BSCs über die A-Schnittstelle. Ein Gateway MSC (GMSC) hat zusätzliche Funktionen für die Verbindung zu anderen Festnetzen wie ISDN. Ein MSC verarbeitet die Signalisierung für den Verbindungsaufbau, Verbindungsabbau und die Verbindungsübergabe zu anderen MSCs.
- **Heimatregister (Home Location Register, HLR)** Ein HLR ist die wichtigste Datenbank in GSM, da hier alle Teilnehmeradressen gespeichert werden. Diese Daten umfassen statische Daten wie die (logische) Rufnummer (MSISDN), die freigegebenen Dienste und eine internationale Kennung, die IMSI (International Mobil Subscriber Identity). Weiterhin werden dynamische Daten wie beispielsweise der derzeitige Aufenthaltsort eines Teilnehmers (Location Area, LA), die aktuelle Telefonnummer MSRN, das aktuelle VLR und MSC vorgehalten. Sobald eine MS ihre derzeitige LA verlässt, wird automatisch eine Aktualisierung der LA-Daten im HLR durchgeführt.
- **Besucherregister (Visitor Location Register, VLR)** Ein VLR, welches jedem MSC zugeordnet wird, stellt eine hochdynamische Datenbank dar, die alle relevanten Daten von allen MS speichert, die derzeit im Einzugsbereich LA des MSC sind. Sobald eine neue MS in den Bereich LA eintritt, für den ein MSC zuständig ist, werden alle teilnehmerrelevanten Daten vom HLR kopiert. Diese Hierarchie von VLR und HLR vermeidet eine zu häufige Aktualisierung des HLR und insbesondere auch eine häufige Signalisierung von Teilnehmerdaten über eventuell weite Entfernungen.

Welche wichtigen Komponenten gibt es im GSM Betriebs- und Wartungssystem (Operation Subsystem, OSS) und welche Aufgaben erfüllen sie?

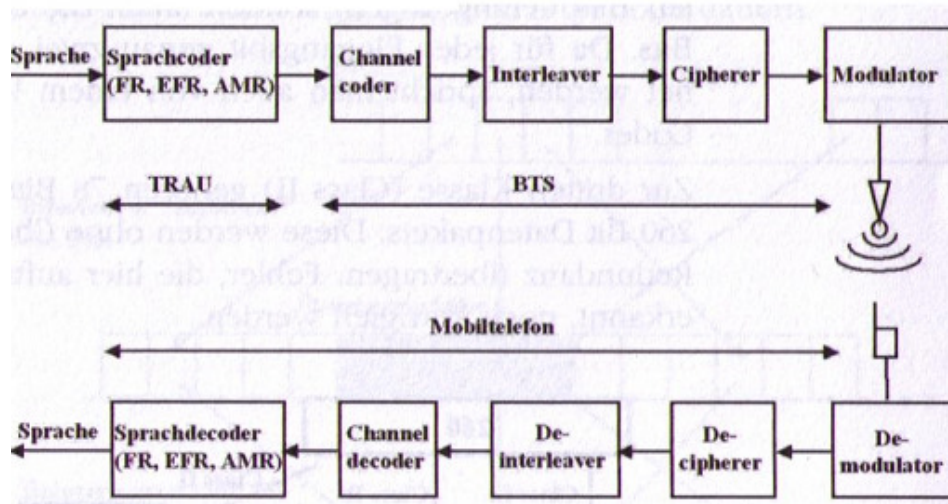
Es beinhaltet alle Funktionen, die für den zuverlässigen Betrieb und die Wartung des gesamten GSM-Netzes eines Betreibers notwendig sind.

- **Betriebs- und Wartungszentrale (Operation and Maintenance Centre, OMC)** Das OMS überwacht und steuert alle anderen Netzkomponenten über die O-Schnittstelle. Typische Funktionen des OMC sind eine Überwachung des Verkehrs, Erstellung von Statusberichten einzelner Komponenten, Sicherheitsmanagement, Teilnehmerverwaltung, Abrechnung, Rechnungsstellung.
- **Authentifizierungszentrale (Authentication Centre, AuC)** Da die Luftschnittstelle und auch die mobilen Teilnehmer im Vergleich zu Festnetzen sehr leicht angreifbar sind, wurde ein spezielles AuC entworfen, das die Identität eines Teilnehmers und die Datenübertragung schützen soll. Das AuC beinhaltet alle Schlüssel und generiert alle Parameter, die für eine Teilnehmerauthentifizierung im HLR notwendig sind.
- **Geräteidentifikationsregister (Equipment Identity Register, EIR)** Das EIR ist die Datenbank für alle IMEI; hier werden also alle Gerätekennungen für einen bestimmten Netzbetreiber gespeichert. Im EIR gibt es also eine schwarze Liste aller als gestohlen gemeldeten oder aus anderen Gründen gesperrten Geräte.

Mit welchen Verfahren kann eine BTS gleichzeitig mit mehreren Teilnehmern kommunizieren?

Damit eine BTS mit mehreren Teilnehmern gleichzeitig kommunizieren kann, werden bei GSM zwei Verfahren angewandt. Das erste Verfahren ist der Frequenzmultiplex (FDMA), also die gleichzeitige Nutzung mehrerer Frequenzen pro Zelle. Das zweite Verfahren ist der Zeitmultiplex (TDMA). Bei GSM können pro Trägerfrequenz mit 200 kHz Bandbreite bis zu 8 Teilnehmer gleichzeitig kommunizieren. Dazu werden auf dem Träger 4.615 ms lange Frames übertragen. Jeder Frame enthält 8 voneinander unabhängige physikalische Zeitschlitze für die Kommunikation mit unterschiedlichen Teilnehmern. Das Zeitintervall eines Timeslots wird Burst genannt und beträgt 577 μ s.

Welche Verarbeitungsschritte durchläuft die menschliche Sprache in einem Mobiltelefon, bevor sie über die GSM Luftschnittstelle versandt werden kann?



Was ist ein Handover und welche Komponenten können daran beteiligt sein? Geben Sie Gründe für eine Verbindungsübergabe (handover) in GSM an und nennen Sie die damit verbundenen Probleme. Welche typischen Schritte werden für eine Übergabe durchgeführt, welche Arten von Übergaben kommen in GSM vor? Welche Ressourcen müssen während einer Übergabe reserviert werden? Wie sieht es mit Dienstgütegarantien aus?

Handover ist ein Verfahren, um Verbindungen zwischen einer MS und einer Basisstation auf eine andere Basisstation zu übergeben, sobald sich ein mobiler Teilnehmer bewegt. Dabei darf die Verbindung nicht abbrechen.

Es gibt zwei wesentliche Gründe für die Übergabe einer Verbindung:

1. MS entfernt sich aus dem Empfangsbereich einer BTS. Stärke des empfangenen Signals sinkt bis unter einen Schwellwert oder Fehlerrate steigt auf Grund von Interferenzen, Abstand zur BTS wird zu gross → Qualität der Funkverbindung
2. Teilnehmer aus einer überlasteten Zelle in eine andere, weniger belastete zu verschieben → Lastverteilung

Egal welches Handover-Verfahren stattfindet, immer sind die BTS und die BSC als Komponente beteiligt. Es kann durchaus möglich sein, dass die MSC ins Spiel kommt und zwar bei einem (Inter-BSC, Intra-MSC-Übergabe oder bei einer Inter-MSC-Übergabe).

In meinem SSD wird der detaillierte Ablauf eines Handovers ausführlich beschrieben. Zu erwähnen ist hier lediglich, dass bei der neuen BSC diejenigen Ressourcen reserviert werden müssen, die auch in der alten BSC zur Verfügung standen. Ein Problem bei einem Handover könnte sein, dass bei einer neuen BSC keine freien Ressourcen zur Verfügung stehen, was zu einem Verbindungsabbruch führen kann.

Die BTS erzeugt die zeitliche Struktur der Rahmen, Zeitschlitze etc. Problematisch in diesem Zusammenhang sind nun die unterschiedlichen Signalverzögerungszeiten: Signale von oder zu einer MS, die sehr nahe bei einer BTS ist, haben eine vernachlässigbare Laufzeit. Ist jedoch eine MS 35 km entfernt, so beträgt die Signalumlaufzeit RTT (Round Trip Time, MS zur BTS und wieder zurück) bereits ca. 0.23ms. Prägt man nun allen MS, also auch den weiter entfernten, die exakt gleiche zeitliche Struktur auf, so würde GSM sehr viel Bandbreite durch vergleichsweise grosse Schutzzeiten verschwenden. Aus diesem Grund sendet eine BTS die aktuelle RTT an jede MS, sodass die MS ihrerseits den Sendezeitpunkt eines Bursts zeitlich etwas vorziehen kann, wenn sie weiter entfernt ist. Dadurch erreichen alle Bursts unabhängig von der Entfernung einer MS die BTS innerhalb der durch die TDMA-Rahmenstruktur gegebenen Grenzen. Diese Anpassung der Zugriffszeit auf das Medium wird durch die Variable TA gesteuert, die eine Vorverlegung eines Bursts um bis zu 63 Bitzeiten angeben kann – ein Bit hat in GSM die Dauer von 3.69 us. Da für die Variable TA nicht mehr Platz vorgesehen ist, kann der Zugriff auch nicht um mehr als 63 Bitzeiten vorverschoben werden. Wie könnte nun trotzdem die maximale Distanz von 35 km vergrößert werden?

Ein Trick wäre beispielsweise, für mehr als 35 km entfernte MS die Variable TA wieder auf null zu setzen, damit der bei der BTS ankommende Burst genau in den nächsten Zeitschlitz hineinfällt. Damit verschiebt sich der Empfang um einen Zeitschlitz und die MS kann nun weiter entfernt sein z.B. 70km. Bei diesem Vorgehen reduziert sich dann aber auch die Kapazität einer Zelle, da nahe und ferne MS nicht beliebig im TDMA-Rahmen gemischt werden können. Jedoch lassen sich so beispielsweise in Küstenregionen die Reichweiten von GSM erhöhen.

Zweite Variante: Erlaubt man, dass für den Empfang der Uplink-Übertragung der Burst nicht im gleichen Zeitschlitz ankommen muss, sondern innerhalb des angrenzenden, erreicht man, dass sich die maximale Reichweite beträchtlich erhöht. Ein Zeitschlitz umfasst 156 bit. Mit der maximalen TA von 63 verdreifacht sich die maximal erlaubte Laufzeit. Die maximale erlaubte Laufzeit. Die maximale Entfernung ERW zwischen Basisstation und Mobiltelefon berechnet sich folgendermaßen.

$$ERW = (63 + 156) * \text{Bitperiode} * 3 \cdot 10^8 \text{ m/s} / 2$$

Mit der Bitdauer von 3.692 us und der Lichtgeschwindigkeit von $3 \cdot 10^8$ m/s ergibt sich die theoretische Reichweite von 121.3 Kilometer.

Wie wird bei einem eingehenden Gespräch der aktuelle Aufenthaltsort eines Teilnehmers ermittelt und wie wird das Gespräch im Netzwerk zugestellt?

Damit das Netzwerk eingehende Verbindungen an einen Teilnehmer weitervermitteln kann, muss dessen Aufenthaltsort bekannt sein. Direkt nach dem Einschalten meldet sich das Endgerät beim Netz an. Damit kennt das Netzwerk den genauen Aufenthaltsort, der sich aber ändern kann. Wenn das Endgerät in eine Zelle einer anderen Location Area wechselt, muss dem Netzwerk dies mit einer Location Area Update Nachricht mitgeteilt werden.

Bei einem ankommenden Gespräch oder einer SMS muss das Netzwerk dann den Teilnehmer in allen Zellen einer Location Area suchen (Paging).

Wie wird eine SMS Nachricht zwischen zwei Teilnehmern ausgetauscht?

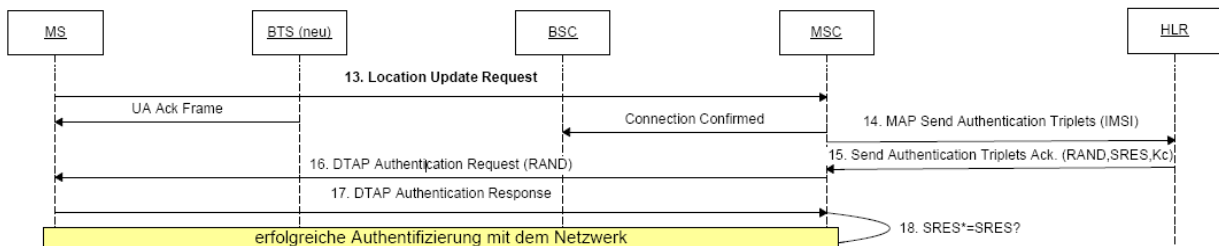
Der Sender erstellt eine SMS und überträgt diese zur MSC über einen Signalisierungskanal. Eine SMS ist somit nichts anderes als eine DTAP SS-7 Nachricht, wie z.B. eine Location Update Nachricht oder eine Setup-Nachricht zum Aufbau eines Gesprächs. Die SMS enthält MSISDN des Empfängers und den Text. Die MSC leitet die SMS ohne weitere Bearbeitung direkt an das Short Message Service Center (SMSC) weiter. Das SMSC bestätigt dem Sender daraufhin den korrekten Empfang der SMS.

Für die Zustellung einer SMS analysiert das SMSC die MSISDN des Empfängers und befragt das entsprechende HLR nach dessen aktuellen Aufenthaltsort (MSC). Danach wird die SMS an diese MSC geschickt. Ist der Teilnehmer in dieser MSC als aktiv angemeldet (attached), versucht die MSC Kontakt mit ihm aufzunehmen und die SMS zuzustellen. Die korrekte Zustellung wird dem SMSC quittiert und die SMS kann daraufhin im SMSC gelöscht werden.

Ist der Teilnehmer nicht erreichbar wird im VLR Eintrag des Empfängers das Message Wait Flag gesetzt.

Wie wird ein Teilnehmer im GSM Netzwerk Authentifiziert? Warum ist eine Authentifizierung notwendig?

Gäbe es keine Authentifizierung könnte z.B. ein Teilnehmer zu Gunsten eines anderen telefonieren. Das AuC ist zuständig für diesen Part. In ihm ist für jeden Teilnehmer ein geheimer Schlüssel Ki abgelegt, von dem nur eine weitere Kopie auf der SIM Karte des Teilnehmers existiert. Dieser ist im Authentication Center und besonders auf SIM Karte so gespeichert, dass er nicht ausgelesen werden kann.



Die genaue Beschreibung findest du beim SSD.

Welche Aufgaben haben der RISC Prozessor und der DSP in einer Mobile Station?

Unabhängig ihrer Größe und enthaltenem Funktionsumfang haben jedoch alle Mobiltelefone eine ähnliche Grundarchitektur. Kern jedes Mobiltelefons ist der Baseband Prozessor, der eine RISC CPU und einen Digitalen Signalprozessor DSP enthält. Der RISC Prozessor kümmert sich dabei um:

- Verarbeitung der Informationen, die auf den Signalisierungskanälen empfangen werden
- GPRS Management und GPRS Daten
- Userinterface
- Externe Schnittstellen

Der DSP kümmert sich um die Sprachdatenkomprimierung mit den unterschiedlichen Sprachcodes wie FR,EFR, HR oder AMR. Zudem bearbeitet er das empfangene Signal vor der Dekodierung.

Wie werden Daten auf einer SIM Karte abgelegt?

Die Daten auf einer GSM SIM Karte werden aus logischer Sicht ähnlich wie bei einer Festplatte in Verzeichnissen und Dateien verwaltet. Die Datei und Verzeichnisstruktur ist dabei fest vorgegeben und im ETSI Standard 11.11 spezifiziert.

Warum folgen Radiowellen niedriger Frequenz der Erdoberfläche, wie gelangen Kurzwellen um die Erde? Warum werden diese Wellen typischerweise nicht für die Datenübertragung in heutigen weltweiten Computernetzen eingesetzt?

Grob gesagt durchdringen Signale niedriger Frequenz Objekte besser als solche mit hoher Frequenz. Während also Langwellen durch Ozeane bis zu Unterseebooten übertragen werden können, blockieren die Blätter eines Baumes bereits Signale im EHF Bereich (ca. 30 GHz). Je höher also die Frequenz eines Signals ist, desto mehr verhält sich dieses wie Licht. Bei den Mobiltelefonen, Satellitensystem, schurlosen Telefonen usw. setzt man auf weit höhere Frequenzen. Frequenzen größer als 30 MHz sind Sichtverbindungen. Dies ermöglicht eine direkte Kommunikation mit Satelliten ohne eine Reflexion an der Ionosphäre der Erde. Für eine terrestrische Übertragung muss jedoch zusätzlich bedacht werden, dass die Wellen durch die Atmosphäre gebrochen und damit abgelenkt werden.

Warum werden von der ITU-R nur niedrige Frequenzen (bis zu mehreren hundert GHz) reguliert und nicht höhere Frequenzen (im Bereich einiger THz)?

Die ITU-R stellt die Untergruppe von ITU dar, die speziell für die Standardisierung im Bereich der drahtlosen Kommunikation zuständig ist und somit auch für die weltweite Frequenzplanung.

Noch höhere Frequenzen sind insbesondere dann interessant, sobald hohe Datenraten übertragen werden sollen. Allerdings leiden dann diese Funkverbindungen auch sehr stark an Abschattungseffekten.

Was sind die grundlegenden Unterschiede der Regulierungen in Europa im Vergleich zu den USA? Was sind die Konsequenzen?

Damit eine weltweite Koordinierung, teilweise gegen nationale Interessen, überhaupt eine Chance auf Erfolg hat, wurde die Welt in drei Regionen aufgeteilt. Innerhalb dieser Regionen sind dann wieder nationale Organisationen für eine weitere Regulierung zuständig. FCC in den USA und CEPT in Europa. Da in den USA bereits einige Frequenzbänder durch andere belegt waren, sind nun die einzelnen Standards nicht überall gleich.

Warum ist die internationale Verfügbarkeit eines einheitlichen ISM-Bandes von grosser Bedeutung?

Es ist offensichtlich, dass für die moderne Satellitenkommunikation auf jeden Fall weltweit einheitliche Standards benötigt werden, da Satelliten sich nicht an Ländergrenzen halten. Insbesondere die neue Generation niedrig fliegender Satelliten zur Mobilkommunikation benötigt weltweit einheitliche Frequenzbereiche und Übertragungstechniken, damit Kunden ihre Endgeräte auch weltweit einsetzen können.

Sind gerichtete Antennen sinnvoll für mobile Telefone? Warum? Wie kann der Antennengewinn gesteigert werden?

Antennen mit einer Richtcharakteristik sind typisch für Mobilfunksystem, die ihr Empfangsgebiet in Zellen aufteilen. Besonders in Innenstädten, werden dazu mehrere Antennen an einem Mast angebracht; jede Antenne versorgt dann einen Sektor einer Zelle.

Zwei oder mehr Antennen können auch kombiniert werden, um eine höhere Effektivität dadurch zu erzielen, dass sie gezielt negativen Übertragungseffekten, wie z.B. der Mehrwegeausbreitung entgegenwirken können. Ein Empfänger kann beispielsweise immer automatisch den Teil der Antennen wählen, der gerade die bessere Empfangsqualität hat.

Was sind die Hauptprobleme der Ausbreitung elektromagnetischer Wellen? Warum folgen diese Wellen nicht immer einer geraden Linie mit dem Sender als Ausgangspunkt? Warum und wann ist Reflexion manchmal nützlich, manchmal schädlich?

Wellen breiten sich beinahe immer geradlinig aus, solange keine Hindernisse zwischen einem Sender und Empfänger vorhanden sind. Natürlich gibt es diese Bedingung auf der Erde nur relativ selten.

- Eine extreme Form der Dämpfung ist die **Abschattung** eines Signals auf Grund grosser Objekte, welche die freie Signalausbreitung behindern.
- Ein weiterer Effekt ist die **Reflexion** von Signalen. Wenn ein Objekt im Verhältnis zur Wellenlänge gross genug ist, wird das Signal reflektiert. Gerade in Städten trägt die Reflexion wesentlich zum Empfang bei, da auf Grund der Vielzahl von Gebäuden nur selten eine direkte Sichtverbindung zwischen Sendern und Empfängern besteht.
- Es gibt noch die **Brechung** oder **Refraktion**. Dieser Effekt beruht darauf, dass die Geschwindigkeit elektromagnetischer Wellen von der Dichte eines Mediums, durch das sie sich fortpflanzen, abhängt. Die Dichte der Atmosphäre ist in Bodennähe dichter als in grossen Höhen
- Diese **Streuung** bewirkt, dass ein Signal an dem Objekt in mehrere schwächere Signale aufgespalten wird, die in verschiedene Richtungen weiterlaufen.
- Ein weiterer Effekt ist die **Beugung** von Signalen. Radiowellen werden an Kanten von Hindernissen von der ursprünglichen Ausbreitungsrichtung abgelenkt. Damit lassen sich beispielsweise Empfänger erreichen, die sich hinter einem Berg befinden.

Erkläre die Begriffe: Mehrwegausbreitung, Laufzeitdispersion, Intersymbolinterferenz!

Die oben Beschriebenen Effekte führen zusammen mit der direkten Signalausbreitung zu einem der grössten Probleme der drahtlosen Kommunikation, der **Mehrwegausbreitung**. Die elektromagnetischen Wellen, die vom Sender ausgehen, können den Empfänger entweder auf direktem Weg erreichen, an der Hauswand reflektiert zum Empfänger gelangen oder an einem Hindernis gestreut weitergeleitet werden.

Aufgrund der endlichen Lichtgeschwindigkeit erreichen die Signale, die unterschiedliche Wege nehmen, den Empfänger auch zu unterschiedlichen Zeiten auf Grund der Weglänge. Dieser Effekt, der durch die Mehrwegausbreitung verursacht wird, wird als **Laufzeitdispersion** bezeichnet.

Auf der Senderseite sind beide Impulse zeitlich klar getrennt. Beim Empfang überlappen sich die nun verbreiterten Impulse jedoch. Je nach Codierung und Modulation könnte ein Impuls bzw. eine Folge von Impulsen ein Symbol darstellen, ein oder mehrere Symbole wiederum ein Bit. Das Signal, das für ein Symbol gedacht war, beeinflusst durch die Überlappung das zeitlich folgende Signal für das nächste Symbol. Dieser Effekt wird mit **Intersymbolinterferenz** ISI bezeichnet. Je höher die Symbolrate auf Senderseite ist, desto schwerwiegender werden die Effekte der ISI, da die Symbole zeitlich immer enger beieinander liegen. ISI begrenzt damit die Bandbreite eines Funkkanals mit Mehrwegausbreitung. Aufgrund dieser Interferenz kann es vorkommen, dass Signale nachfolgender Symbole sich gegenseitig auslöschen und dies zu Übertragungsfehlern führt.

Wie können die Einflüsse schmal bändiger Störungen gemindert werden?

Durch Multiplexen wird ein grosser Teil der schmal bändigen Störung gemindert. Ferner hilft das Bandspreizverfahren, indem hier die eigentlich benötigte Bandbreite zur Übertragung von Daten vergrössert wird.

Nennen Sie die Hauptvorteile der Bandspreiztechnik! Wie kann ein Spreizen des Bandes erreicht werden?

Der Hauptvorteil liegt in einer erhöhten Robustheit gegenüber schmalbandigen Störungen. Bevor der Sender dieses Signal überträgt, spreizt er es, das heisst aus dem schmalbandigen Signal wird ein breitbandiges. Die gleiche Energie wird als über einen grösseren Frequenzbereich verteilt. Dabei kann die Leistungsdichte niedriger sein als beim schmalbandigen Signal, ohne dass Daten verloren gehen. Je nach Erzeugung und Empfang des gespreizten, nun breitbandigen Signals kann dessen Leistungsdichte sogar geringer als die des Hintergrundrauschens sein. Daraus resultiert für bestimmte Anwendungen ein weiterer Vorteil, nämlich der, dass ein derart gespreiztes Signal nicht mehr vom Hintergrundrauschen unterschieden werden kann.

Was begrenzt die maximale Anzahl gleichzeitig aktiver Benutzer in TDM/FDM-Systemen im Vergleich zu einem CDM-System? Wie beeinflusst eine steigende Last in einer Zelle die Übertragungsqualität bereits stattfindender Übertragungen, d.h. wie beeinflusst ein neuer Teilnehmer die anderen bereits vorhandenen Teilnehmer in beiden Systemen?

Um Störungen zu vermeiden, nutzen Basisstationen, deren Zellen sich überlappen, meist FDM-Verfahren. Wird FDM noch mit TDM kombiniert, so müssen auch die Sprungsequenzen bzw. die Kanalbelegungen koordiniert werden. Das generelle Ziel besteht darin, dass nie in benachbarten Zellen zur gleichen Zeit die gleiche Sendefrequenz eingesetzt wird. Zwei mögliche Arten, Zellen mit zugehörigen Frequenzen zu erzeugen funktioniert so, indem 3 oder 7 Zellen zu einer Gruppierung zusammengefasst werden. Die feste Zuweisung von Frequenzen zu Zellen (**begrenzt die maximale Anzahl der Benutzer**) bzw. Gruppierungen erweist sich als nicht besonders effizient, wenn die Last innerhalb einer Zelle stark variiert. Im Falle einer sehr starken Auslastung einer Zelle und einer nur geringen Auslastung in einer Nachbarzelle könnte es sinnvoll sein, eine oder mehrere Frequenzen auszuleihen. Dies wird bei GSM eingesetzt!

Zellenbasierte Mobilfunksysteme, die CDM an Stelle von FDM einsetzen, benötigen diese komplexeren Zuweisungsverfahren nicht. Hier werden Benutzer durch ihren Code voneinander getrennt und nicht durch die Frequenz.

Welcher physikalische Effekt trägt hauptsächlich zum Versagen der aus dem Festnetzbereich bekannten Medienzugriffsverfahren bei? Welche Gegenmassnahmen werden in Festnetzen getroffen, um diesen Effekt zu vermeiden?

Der Grund liegt darin, dass die Signalstärke im freien Raum bereits proportional zum Quadrat der Entfernung abnimmt und Hindernisse das Signal zusätzlich dämpfen. Angenommen, ein Sender wendet CSMA/CD an und erkennt ein freies Medium. Daraufhin startet er mit dem Senden, jedoch kollidiert das Signal beim Empfänger, da ein weiterer Sender gleichzeitig mit dem Senden angefangen hat. Die hieraus resultierende Problematik beschreiben die versteckten und ausgelieferten Endgeräte.

Ebenso ergeben sich Probleme bei der Kollisionserkennung. Der Sender kann keine Kollision erkennen und geht von einer erfolgreichen Übertragung aus, obwohl das Signal beim Empfänger zerstört wurde.

Die Gegenmassnahmen sind Mehrfachzugriff durch Raummultiplex (SDMA), durch Frequenzmultiplex (FDMA), durch Zeitmultiplex (TDMA) und durch Codemultiplex (CDMA).

Wer führt den MAC-Algorithmus bei SDMA aus?

Ein Endgerät könnte in einer bestimmten Situation verschiedene Basisstationen empfangen. Der MAC-Algorithmus auf dem Endgerät kann nun entscheiden, welche Basisstationen unter den gegebenen Umständen die beste ist.

Welche Alternativen gibt es in drahtlosen Netzen, um Duplexkanäle einzurichten?

Es gibt das Frequenzduplex (Frequency Division Duplex, FDD) Verfahren.

Erklären Sie das TDMA Verfahren.

TDMA-Techniken umfassen alle Verfahren, die einem Sender eine gewisse Sendezeit zuweisen, also Zeitmultiplex steuern. Bei TDMA-Verfahren ist es nicht notwendig, einen Empfänger auf der physikalischen Schicht auf eine bestimmte Empfangsfrequenz einzustellen. Ein Empfänger kann bei diesem Verfahren die gesamte Zeit auf der gleichen Frequenz arbeiten. Bei TDMA Verfahren muss eine Synchronisation zwischen Sender und Empfänger(n) im Zeitbereich stattfinden.

Vergleichen Sie SDMA-, TDMA-, FDMA- und CDMA-Systeme:

Verfahren	SDMA	TDMA	FDMA	CDMA
Idee	Unterteilung des Raums in Zellen oder Segmente	Unterteilung der Zeit in disjunkte Zeitschlitze, anforderungs-gesteuert oder vorab festgelegt	Unterteilung der Frequenz in disjunkte Teilbänder	Spreizen der Bandbreit mit Hilfe von orthogonalen Codes
Endgeräte	Nur ein Endgerät kann innerhalb einer Zelle oder eines Sektors senden	Alle Endgeräte sind auf derselben Frequenz nur für jeweils eine kurze Zeit aktiv	Jedes Endgerät kann auf einer eigenen Frequenz ununterbrochen senden	Alle Endgeräte können ununterbrochen auf derselben Frequenz am selben Ort senden
Signaltrennung	Zellenstruktur, gerichtete Antennen	Synchronisation im Zeitbereich	Filtern im Frequenzbereich	Anwendung des Codes in speziellen Empfängern
Vorteile	Sehr einfach, erhöht die Kapazität pro km ²	Vollständig digitalisiertes Verfahren, lang erprobt, viel Erfahrung, sehr flexibel	Einfach, erprobt, robust	Flexibel, vermindert Frequenzplanungsaufwand, weiche Übergabe
Nachteile	Unflexibel, typischerweise feste Antennen	Grössere Schutzabstände auf Grund der Mehrwegausbreitung benötigt, Synchronisation nicht immer einfach	Unflexibel, Frequenzen sind rar	Komplexere Empfänger, schwierige Leistungssteuerung bei allen Sendern
Bemerkung	Einsatz nur in Kombination mit TDMA, FDMA oder CDMA sinnvoll	Standard in Festnetzen, in praktisch allen Mobilfunknetzen eingesetzt	Typischerweise mit TDMA oder SDMA	Einsatz in vielen 3G-Systemen (UMTS), höhere Komplexität, Erwartungen wurden zurückgeschraubt, Kombination mit TDMA, FDMA

Nennen Sie einige Hauptmerkmale von GSM, DECT, TETRA und UMTS. Welche Merkmale haben diese Systeme gemeinsam? Warum wurden überhaupt die drei ersten unterschiedlichen Systeme spezifiziert? Bei welchen Anwendungen könnte ein System das andere ersetzen? Was sind die spezifischen Vorteile der einzelnen Systeme?

GSM wurde ursprünglich vorrangig für eine Sprachübertragung konzipiert. HSCSD und GPRS haben ihre Stärken bei Datentransferdiensten. Diese Evolution GSM->GPRS beinhaltet auch den Übergang von einem leitungsvermittelnden Netz hin zu einer Paketvermittlung, also einen Schritt näher an das Internetmodell heran. DECT ist ein Standard für digitale schnurlose Telefone und TETRA ein Bündelfunksystem. DECT kann für die drahtlose Datenübertragung auf einem Firmengelände oder in Gebäuden eingesetzt werden, ebenso zur Überbrückung der letzten Meile zu einem Kunden. Für viele spezielle Einsatzzwecke können Bündelfunksysteme wie TETRA die beste Wahl sein. Diese Systeme bieten einen sehr schnellen Verbindungsaufbau und arbeiten auch ohne eine Basisstation (Ad-hoc).

UMTS stellt eher eine Evolution bestehender Systeme dar, als eine revolutionäre Neuerung. Die anfängliche Kapazität einer UMTS Funkzelle liegt bei etwa 2 Mbit/s, Zelldurchmesser liegen bei bis zu 500m. UMTS wird in einem ersten Schritt dazu dienen, die teilweise überfüllten GSM-Netze zu entlasten und höhere Datenraten in Innenstädten anzubieten. Zukünftige Versionen von UMTS werden nach und nach die konventionelle Infrastruktur durch ein IP-basiertes Netz ersetzen.

Was sind die Hauptprobleme, wenn drahtlose Kommunikationssysteme, die vorrangig für die Sprachkommunikation entworfen wurden, nun für die Übertragung beliebiger Daten eingesetzt werden? Was sind mögliche Schritte, um die Probleme zu überwinden und die Effizienz der Übertragung zu steigern? Wie können diese Schritte durch eine geeignete Abrechnung unterstützt werden?

Zu dieser Frage gibt es verschiedene Antworten.

Problem	Lösung	Abrechnung
Zu kleine Bandbreiten	Mehrere Kanäle zusammenfassen → führt aber zu einem Engpass der Frequenzen	pro Signalisierung eines Kanals (siehe ISDN oder HSCSD)

Welche grundlegenden Diensttypen werden in GSM angeboten? Nennen Sie Beispiele und geben Sie Gründe dafür an, warum diese Dienste unterschieden werden.

GSM erlaubt die Integration verschiedener Sprach- und Datendienste sowie die Zusammenarbeit mit anderen Fest- oder Mobilnetzten. Diese Dienste sind es letztendlich, die ein Netz für Kunden interessant machen. GSM kennt drei unterschiedliche Arten von Diensten:

- **Trägerdienste:** Sie umfassen nun alle Dienste, die einen transparenten Transport von Daten von einem Netzzugangspunkt zu einem anderen gewährleisten. Mit Hilfe der transparenten und nicht transparenten Diensten kann GSM spezielle Trägerdienste für die Zusammenarbeit mit traditionellen Telefonnetzen, ISDN oder paketvermittelnden Datennetzen anbieten. Es wird eine Vollduplex-Datenübertragung synchron mit den Datenraten 1.2, 2.4, 4.8, 9.6 kbit/s oder asynchron von 300 bis 9600 bit/s angeboten.
- **Teledienste:** Die meisten Teledienste sind sprachorientiert mit einer automatischen Verschlüsselung der Sprachdaten, werden jedoch von Diensten wie Kurznachrichten einfache Datenübertragung beispielsweise für Fax ergänzt. Für den Hauptdienst Telefonie war es ein erklärtes Ziel von GSM, eine hohe Qualität zu erzielen und mindestens Signale mit der typischen Bandbreite von 3100 Hz zu übertragen. Ein weiterer wichtiger GSM-Dienst ist eine im GSM-System einheitliche Notfallnummer. Ein sehr nützlicher Dienst, der einen unerwarteten Boom erfahren hat, ist ein sehr einfacher Nachrichtenübermittlungsdienst, der Short Message Service (SMS).
- **Zusatzdienste:** Teilnehmererkennung, Rufumleitung, Rufweiterleitung von aktiven Gesprächen, geschlossene Benutzergruppen, Konferenzschaltungen usw.

Im Vergleich zu den tatsächlich angebotenen Datenraten der TCH könnte bereits das ursprüngliche GSM eine viel höhere Datenrate von 33.8 kbits/s anbieten, wenn man die Luftschnittstelle betrachtet. Wodurch wird die Verringerung der Datenrate verursacht und warum ist dies notwendig?

In GSM werden alle Nutzdaten, wie beispielsweise Sprache oder Daten, über einen TCH transportiert. Es wurden zwei grundlegende Varianten eines TCH festgelegt: ein Full-Rate TCH (TCH/F) und ein Half-Rate TCH (TCH/H). Ein TCH/F hat eine Datenrate von 22.8 kbit/s, ein TCH/H lediglich 11.4 kbit/s.

Was sind die Vorteile, wenn ein Standard nicht nur die Luftschnittstelle, sondern auch alle internen Schnittstellen festlegt?

Weltweite Einheitlichkeit.

Beschreiben Sie die Funktionen von MS und SIM. Warum wird bei GSM eine Trennung der beiden Komponenten vorgenommen? Wie und wo werden überall teilnehmerspezifische Daten in einem GSM-Netz abgelegt?

Eine MS umfasst die Hard- und Software eines Endgeräts, die benötigt wird, um mit GSM zu kommunizieren. Im SIM sind alle für GSM relevanten nutzerspezifischen Daten gespeichert. Diese Trennung hat verschiedene Gründe: Geld, Unabhängigkeit (bei Defekt eines Handy, muss nicht eine neue SIM angefordert werden) usw.

Teilnehmerspezifische Daten werden auf der MS, SIM, HLR, VLR und AuC abgelegt.

Wie begrenzt der bei GSM gewählte Ansatz der Datenbanken HLR und VL die Skalierbarkeit des Systems hinsichtlich der Anzahl der Nutzer, insbesondere dann, wenn diese Nutzer häufig die Zellen wechseln?

Heutige HLRs können die Daten für mehrere Millionen Kunden verwalten und nutzen hochspezialisierte Datenbanken, die Echtzeitanforderungen erfüllen müssen, um Anfragen innerhalb enger Zeitgrenzen beantworten zu können.

Sobald eine neue MS in den Bereich LA eintritt, für den ein MSC zuständig ist, werden alle teilnehmerrelevanten Daten vom HLR kopiert. Dies vermeidet eine zu häufige Aktualisierung des HLR.

Warum werden für GPRS neue Infrastrukturkomponenten benötigt, nicht aber für HSCSD? Welche Komponenten sind neu und was ist ihr Zweck?

GPRS ist verbindungslos und lehnt sich an das IP-Protokoll. Weiter stellt GPRS ausser einer klassischen Punkt-zu-Punkt-Datenübertragung auch Punkt-zu-Mehrpunkt-Übertragungen zur Verfügung. Ferner bietet GPRS einen paketorientierten Datentransferdienst für Anwendungen, die häufig kleine Mengen von Daten oder ab und zu mittlere Datenmengen übertragen müssen.

- Die GPRS-Architektur führt zwei neue Netzelemente ein, welche generell mit GPRS Support Nodes GSN bezeichnet werden und im Prinzip Router sind. Ein Gateway GPRS Support Node GGSN stellt die Verbindungseinheit zwischen dem GPRS-Netz und externen paketorientierten Netzen (Packet Data Network, PDN) dar. Diese Einheit enthält Wegwahldaten für GPRS-Teilnehmer, führt Adressumwandlungen durch und tunnelt Nutzdaten mit Hilfe für Datenkapselung zu einem Teilnehmer.
- Das zweite neue Element ist ein Serving GPRS Support Node (SGSN), welcher eine MS über die G_b -Schnittstelle via BSS unterstützt. Ein SGSN erfragt Teilnehmeradressen vom GPRS Register (GR), verfolgt den Aufenthaltsort von Teilnehmern, ist für die Sammlung von Abrechnungsdaten verantwortlich und führt verschiedene Sicherheitsdienste durch. Datenpakete werden von einem externen PDN über GGSN und SGSN direkt zum BSS und schliesslich zur MS durchgeleitet. Ein MSC, das im traditionellen verbindungsorientierten GSM-Netz für die Datenweiterleitung zuständig ist, wird in GPRS nur noch für die Signalisierung eingesetzt.

Im Prinzip ist für die Einführung von HSCSD hauptsächlich eine Aktualisierung der Software in MS und MSC notwendig. Beide müssen nämlich in der Lage sein, einen Datenstrom auf mehrere Verbindungen aufzuteilen, einen TCH pro Datenstrom zu wählen und schliesslich die Datenströme wieder zusammenzuführen. Zusätzlich muss eine MS in der Lage sein, mehr als nur einen Zeitschlitz lang pro TDMA-Rahmen zu senden. Bandbreite von theoretisch 115.2 kbit/s sind möglich, da MS alle 8 Zeitslitze im TDMA Rahmen belegen kann (jedoch nicht erlaubt von der ETSI, wegen Interferenzen)

Wie kann die Datenübertragung bei GSM optimiert werden?

Um die Fähigkeiten von GSM für die Datenübertragung zu verbessern, ohne grundlegende Parameter wie die Modulationsart oder die Rahmenstruktur zu verändern, gibt es zwei Möglichkeiten. Da GSM verbindungsorientiert arbeitet und pro Verbindung derzeit bis zu 9.6 kbit/s anbietet, können einfach mehrere Kanäle zusammengefasst werden und so kann in der Summe eine höhere Bandbreite angeboten werden. Eine Mobilstation kann ein oder mehrere TCHS vom GSM-Netz anfordern.

Ein fortschrittlicheres Verfahren, das auch wesentlich besser zu typischen Internetanwendungen passt, führt die verbindungslose Übertragung in GSM ein und verschiebt damit auch die Denkweise im traditionell verbindungsorientierten GSM hin zum paketorientierten Internet. (GPRS)

Wo liegen die Grenzen einer GSM-Zelle hinsichtlich des Durchmessers und der Kapazität (Sprache, Daten) für gewöhnliches GSM, HSCSD und GPRS? Wie kann die Kapazität erhöht werden?

GSM: siehe Übung 1 & 2.

HSCSD verwendet immer noch die gleichen verbindungsorientierten Mechanismen wie CSD in GSM, welche nicht besonders effizient für den typischen Computer-generierten Datenverkehr sind. Bei der Reservierung mehrerer Kanäle würde die typische Nutzung des Web sehr viel Kapazität ungenutzt lassen. Weiter muss HSCSD für n Kanäle auch n -fach bei einer Verbindungsübergabe signalisieren. (Verfügbare Datenraten für HSCSD in GSM ist 57.6 kbit/s)

Bei GPRS hängt die wirklich zur Verfügung stehende Datenrate pro Nutzer massiv von der aktuellen Auslastung einer Funkzelle ab, da GPRS typischerweise nur die freien Zeitslitze nutzen kann. Weiterhin hängt die Datenrate auch von den Fähigkeiten einer MS ab, da die wenigsten Geräte gleichzeitig senden und empfangen können.

Wie wird in GSM eine Synchronisation zwischen MS und BTS erzielt? Wer ist für die Synchronisation verantwortlich und warum ist diese Synchronisation ausserordentlich wichtig?

Die Synchronisation beschreiben die einzelnen Steuerkanäle im Detail! Die BTS erzeugt die zeitliche Struktur der Rahmen, Zeitschlitz etc. Sie ist somit für die Synchronisation verantwortlich.

Woher kommen die Verzögerungen, die Daten bei der Übertragung mit GSM erfahren?

Stichwort Timing Advance!

Wo und wann werden unterschiedliche Medienzugriffe in GSM Kollisionen entstehen?

Die einzige Stelle in GSM, an der es zu Kollisionen kommen kann ist, falls zwei oder mehr MS gleichzeitig Verbindungsaufbaudaten zur BTS senden wollen..

Warum und wann werden unterschiedliche Kanäle zur Signalisierung benötigt? Worin liegen die Unterschiede?

Es gibt unidirektionale und bidirektionale Steuerkanäle. Z.B. Solange eine MS mit einer BTS noch keinen TCH aufgebaut hat, muss sie den SDCCH mit der niedrigen Übertragungsrate von nur 728 bit/s für die Signalisierung verwenden. Zum Austausch von Systemzustandsdaten, wie beispielsweise Kanalqualität und Empfangsstärke wird der SACCH verwendet. Usw.

Wie wird die Teilnehmerlokalisierung, die Aktualisierung des Aufenthaltsorts und Roaming in GSM durchgeführt? Wie spiegeln sich diese Aktionen in den Datenbanken wider und welche Roaming-Szenarien sind typisch?

Aktualisierung des Aufenthaltsorts → Location Update

Teilnehmerlokalisierung → MSISDN, IMSI, TMSI, MSRN

Roaming → Das HLR enthält immer alle Informationen über den jeweiligen Aufenthaltsort, da es vom aktuellen für eine MS zuständigen VLR mit diesen Informationen versorgt wird. Sobald sich eine MS in den Bereich eines neuen VLR bewegt, kann das HLR diesem neuen VLR alle notwendigen Daten über die MS schicken. Dieses Roaming kann zwischen verschiedenen VLR eines Netzbetreibers, zwischen VLR verschiedener Betreiber in einem Land oder zwischen VLR verschiedener Betreiber in unterschiedlichen Ländern stattfinden.

Warum werden in GSM so viele unterschiedliche Kennungen und Adressen benötigt (z.B. MSISDN, TMSI, IMSI)? Geben Sie Gründe an und unterscheiden Sie zwischen Teilnehmer- und systemspezifischen Kennungen!

	Teilnehmer	System	Bemerkung
MSISDN	X		Die einzig wichtige Nummer für einen Teilnehmer.
IMSI		X	Interne eindeutige Kennzeichnung eines Teilnehmers.
TMSI		X	Um die IMSI bei einer Signalisierung über die Luftschnittstelle nicht preiszugeben.
MSRN		X	Temporäre Kennung, die zur Verschleierung der Teilnehmeridentität und des Aufenthaltsorts eingesetzt wird.

Welche Funktionen haben Authentifizierung und Verschlüsselung in GSM? Wie wird die Systemsicherheit erreicht?

GSM bietet verschiedene Sicherheitsdienste, die auf vertraulichen Daten beruhen, die im AuC und im individuellen SIM abgelegt sind. Wie bereits geschildert, speichert ein SIM persönliche, geheime Daten und wird mit einer PIN gegen unbefugte Benutzung geschützt. Für einen normalen Nutzer unzugänglich, befinden sich auch geheime Schlüssel und Verschlüsselungsalgorithmen auf einem SIM. Die folgenden Sicherheitsdienste werden in GSM angeboten:

- **Zugangskontrolle und Authentifizierung:** Der erste Schritt bei einer MS besteht immer aus einer Authentifizierung eines Benutzers gegenüber dem SIM über eine Geheimzahl (PIN). Ein weiterer Schritt ist die Teilnehmerauthentifizierung, welche auf einem Challenge-Response-Schema basiert.
- **Vertraulichkeit:** Jegliche Nutzdaten werden verschlüsselt über die Luftschnittstelle übertragen. Nach der Authentifizierung wenden BTS und MS Verschlüsselungsverfahren für Sprache, Daten und Signalisierung an. Diese Vertraulichkeit besteht aber nur zwischen MS und BTS.
- **Anonymität:** Um eine gewisse Anonymität von Teilnehmern sicherzustellen, werden die Nutzdaten verschlüsselt. Weiterhin werden keine Kennungen, die auf die Identität eines Nutzers schließen könnten, über Funk übertragen. Stattdessen setzt GSM temporäre Kennungen (TMSI) ein, welche regelmässig oder auf Anforderung gewechselt werden.

Stichwort: A3 Algorithmus

Wie können höhere Datenraten im herkömmlichen GSM eingeführt werden, wie wird dies mit den Fortentwicklungen HSCSD und GPRS gemacht? Was sind die Unterschiede dieser Ansätze, vor allem hinsichtlich der Komplexität? Welche Probleme können durch die Erhöhung der Datenrate nicht gelöst werden?

Der erste Teil dieser Frage wurde bereits weiter oben beschrieben. Das Problem der knappen Frequenzen kann damit weiterhin nicht gelöst werden.

Wählen Sie die beste Verzögerungskategorie in GPRS und eine Datenrate von 115,2 kbps. Wie viele Bytes befinden sich noch in der Übertragung, bevor eine erste Empfangsbestätigung vom Empfänger den Sender erreichen kann (vernachlässigen Sie weitere Verzögerungen im Festnetz oder Empfängersystem)? Nun bedenken Sie den typischen Web-Datentransfer mit einer durchschnittlichen Übertragung von ca. 10 kbyte. Wie würde das normale TCP über GPRS auf dieses Szenario reagieren? Bedenken Sie die Stauvermeidungs-Mechanismen von TCP und ihre Verbindung mit der Umlaufzeit von Daten. Welche Änderungen wären notwendig?

??? Wäre froh, wenn dies jemand berechnen würde, bin da nicht so ganz sicher ob meine Variante stimmt. Bitte Lösung Mailen!

Fassen Sie die Hauptmerkmale von Mobilfunksystemen der 3. Generation zusammen. Wie werden höhere Kapazitäten pro Zelle und die höheren Datenraten erzielt? Wie werden asymmetrischen Kommunikationsbeziehungen und unterschiedliche Datenraten in UMTS realisiert?

Bereits weiter oben erläutert!

Vergleichen Sie die derzeitige Situation der Mobilfunknetze in Europa, Japan, China und Nordamerika. Welches sind die Hauptunterschiede und was sind gemeinsame Anstrengungen, um ein einheitliches oder zumindest interoperables System zu entwickeln?

Ein grosses Problem ist nicht nur die einheitliche Frequenzplanung sondern auch die Verbindungsübergabe zwischen unterschiedlichen Systemen.

Welche Nachteile weist OVSF bezüglich flexibler Datenraten auf? Wie können in UMTS unterschiedliche Datenraten angeboten werden (unterscheiden Sie dabei FDD- und TDD-Modus)?

UMTS arbeitet mit einer konstanten Chipping-Rate von 3.84 Mchip/s. Setzt man nun unterschiedliche Spreizfaktoren ein, dann lässt sich die direkt in unterschiedliche Datenraten übersetzen. Solange nun die Chipping-Rate konstant bleibt, bedeutet die Verdopplung des Spreizfaktors eine Halbierung der Datenrate. Dies bedeutet aber auch, dass UMTS nur einen einzigen Datenstrom mit SF=1 unterstützen kann, da in diesem Fall kein anderer Code mehr zum Einsatz kommen darf.

- ULTRA/FDD wird vorrangig in Ballungsgebieten und Grosstädten zur symmetrischen Übertragung von Sprache und Video bis zu 384 kbit/s eingesetzt werden. Die Hauptnutzung werden leitungsvermittelte Dienste, stadtweite Versorgung für paketorientierte Dienste und überregionales Roaming sein.
- ULTRA/TDD ist ebenfalls für die Übertragung von Sprache und Video geeignet, wird voraussichtlich aber eher in Haushalten, auf Firmengeländen oder in Innenstädten zum Einsatz kommen. Die Übertragungsraten werden bei ca. 384 kbit/s für symmetrische Verbindungen und bis zu 2 Mbit/s für asymmetrische Verbindungen liegen.

Wie werden unterschiedliche DPDCHs von verschiedenen UEs innerhalb einer Zelle in ULTRA-FDD unterschieden?

Mit der Hilfe von Spreizfaktoren. Der Spreizfaktor des Kanals kann dabei zwischen 4 und 256 variieren. Damit können folgende Datenraten von diesem Kanal angeboten werden: 960 kbit/s (Spreizfaktor 4, 640 Bits pro Zeitschlitz, 15 Zeitschlitz pro Rahmen, 100 Rahmen pro Sekunde), 480, 240, 120, 60, 30 und 15 kbit/s (Spreizfaktor 256). Damit wird auch ein Problem von OVSF beim Einsatz für das Spreizen sichtbar. Nur bestimmte Vielfache der Grunddatenrate von 15kbit/s können genutzt werden.

Will beispielsweise ein Gerät 250 kbit/s übertragen, so muss ein Modus mit 480 kbit/s gewählt werden. Dies verschwendet Bandbreite! Jede Schicht 1 Verbindung kann zwischen 0 und 6 DPDCHs nutzen. Dies ergibt eine theoretisch mögliche Datenrate von 5740 kbit/s (UMTS beschreibt nur UEs mit einer maximalen Datenrate von 1920 kbit/s).

Beschreibe die Grundarchitektur eines UTRA-Netzes (Skript S.10-12)

Dieses Netz umfasst mehrere Funknetzsubsysteme (RNS, Radio Network Subsystem). Jedes dieser Subsysteme wird von einem RNC (Radio Network Controller) gesteuert und enthält weitere Komponenten, die Node B genannt werden. Ein RNC in UMTS kann mit einem BSC in GSM verglichen werden, ein Node B ist dann ähnlich einem BTS. Jeder Node B kann mehrere Antennen steuern, welche eine Funkzelle aufspannen. Das mobile Endgerät, UE, kann mit einer oder mehreren Antennen verbunden sein.

Ferner hat ein RNC folgende Aufgaben:

- Zugangssteuerung
- Staukontrolle
- Verschlüsselung/Entschlüsselung
- ATM-Switching, Multiplex, Protokollumsetzung
- Funkressourcenüberwachung
- Funkträgerverwaltung
- Codeauswahl
- Leistungsregelung
- Verbindungs-Übergabe-Steuerung
- Allgemeine Verwaltung

Wie lauten die zwei grundlegenden Klassen von Verbindungsübergaben?

- Harte Übergabe (Hard Handover)
- Weiche Übergabe (Soft Handover) – Diese Art der Übergabe ist das eigentlich neue an UMTS im Vergleich zu GSM und steht auch nur im FDD-Modus bereit.

Durch was wird die Mobilität bei drahtlosen LANs (WLANs) eingeschränkt? Welche zusätzlichen Komponenten werden für den nahtlosen Übergang zwischen verschiedenen Netzen benötigt, wie und wo können WLANs diese Roaming unterstützen?

Die Mobilität ist eingeschränkt durch die Reichweite der Antennen. Für einen nahtlosen Übergang müssen Zugangspunkte (Access Points, AP) installiert sein.

Welche Probleme tauchen bei WLANs hinsichtlich der Sicherheit auf? Welche Sicherheit können WLANs bieten, was wird zusätzlich benötigt und wie weit gehen die Standardisierungen?

Da es sich sehr schnell nach der Installation der ersten Produkte herausstellte, dass die ursprünglichen Sicherheitsmechanismen in 802.11 (WEP) schlichtweg zu schwach sind, arbeitet diese Gruppe an stärkeren Verschlüsselungs- und Authentifizierungsmechanismen. 802.11i bietet verbesserte Sicherheitsmassnahmen. Zudem ist Secure-VPN eine sichere Lösung für die Kommunikation.

Wie lösen IEEE 802.11 und Bluetooth das Problem versteckter Endgeräte?

IEEE 802.11 löst das Problem mit der Hilfe des CSMA/CA.

Wann kann bei Bluetooth eine Kollision auftreten?

Eine Kollision tritt immer dann auf, wenn zwei oder mehr Piconetze zur gleichen Zeit die gleiche Frequenz nutzen. Dies kann mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit geschehen, da die Sprungfolgen der Netze nicht koordiniert werden.

Was gibt es für Bursts?

Normal: wird für die Übertragung von Informationen der Verkehrs- und Steuerkanäle verwendet, Stealing-Flags geben an, ob der Burst Nutzdaten oder Signalisierung-Informationen beinhaltet, Trainingssequenz besteht aus vordefinierten Bitmustern, die für die Kanalschätzung und Synchronisation relevant sind

Frequency Correction: wird zur Frequenzsynchronisation der MS verwendet, wird von der BTS periodisch auf dem BCCH (Broadcast Control Channel) ausgestrahlt, wodurch MS sowohl zeitlich als auch im Frequenzbereich mit BTS synchronisieren kann

Synchronisation: Informationen, wodurch sich die MS mit der BTS im Groben synchronisieren kann, überträgt die laufende Nummer des TDMA-Rahmens und den BSIC (Basic Station Identity Code)

Access: dient der Verbindungsaufnahme einer MS mit einer BTS. Der "Zugriffs-Burst" wird für wahlfreien Vielfachzugriff auf dem RACH (Random Access Channel) verwendet, viel grössere Guard Period als die übrigen Bursts besitzt (68,25 Bit gegenüber 8,25 Bits), um Kollisionen auf dem RACH durch nicht synchronisierte MS's zu verringern

Dummy: wird von der BTS ausgesandt, wenn keine anderen Bursts zu versenden sind

Warum müssen bei TDM (Time Division Multiple) die Empfänger ständig synchronisiert sein?

Durch Verfahren sind gewisse Schutzabstände einzuhalten, damit keine Interferenzen zwischen einzelnen Sender auftreten. Daher ist eine genaue Synchronisation, d.h. wann ein bestimmter Sender senden darf, unabdingbar.

Warum werden verschiedene Framestrukturen (TDMA Frame, Multiframe, Superframe, Hyperframe) für GSM gewählt?

Damit können logische Kanäle realisiert werden, es entsteht dadurch ein ausgewogenes Verhältnis zwischen verschiedenen Kanälen (je nach Definition natürlich), diese logischen Kanäle sind für die Funktionsweise von GSM nötig

Wie wird die stärkste BTS gefunden?

- Informationen über Nachbarzellen per BCCH
- ist man bereits mit Netz verbunden: scannen der Nachbarzellen, Messreporte erstellen
- Messreporte an MSC schicken, darin enthalten sind die Nachbarzellen mit dem BSIC

Welche Nummern werden zur sicheren Auffindung eines Teilnehmers benötigt?

- MSISDN
- IMSI
- TMSI
- MSRN

Ist GSM leitungs- oder paketvermittelt?

Es ist leitungsvermittelt, Nachteile ergeben sich dadurch in Datenübertragung, weil der Kunde auch dann zu bezahlen hat, wenn gar keine Daten über das Netz geschickt werden

Weshalb benötigen die MS keine aufwändige Vollduplex-fähige Sende- und Empfangseinheit?

Einerseits besteht Trennung von TDMA-Kanälen in Auf- bzw. Abwärtsrichtung durch FDD (Frequency Division Duplex), andererseits werden TDMA-Rahmen in beiden Richtungen immer um 3 Zeitschlitze versetzt gesendet, d.h. es wird immer zwischen Senden und Empfangen hin und her geschaltet.

Wozu wird die Training-Sequenz gebraucht und weshalb befindet sie sich in der Mitte des Bursts?

Trainings-Sequenz wird für Anpassung des Empfängers auf derzeitige Signalausbreitungsverhältnisse eingesetzt, bitgenaue Synchronisation, eliminieren der Intersymbolinterferenz, bedingt durch die Laufunterschiede bei der Mehrwegausbreitung

Warum wird bei GSM das TDMA (Time Division Multiple Access) und nicht nur ein Frequenzmultiplex (FDM) eingesetzt?

- FDM: alleinige Verwendung von FDM (Frequency Division Multiplexing) hätte zur Folge, dass einerseits die Basisstationen pro Frequenz eine Sende- und Empfangseinrichtung haben müssten, um MS's bedienen zu können und andererseits würde so wertvolle Ressourcen verschwendet werden
- TDMA: Geräte senden auf einer Frequenz nacheinander, haben jeweils nur kurzen Zeitschlitz zur Übertragung von Daten zur Verfügung

Nennen sie Unterschiede zwischen GSM und GPRS.

- GPRS arbeitet dabei paketorientiert, es werden keine festen Datenkanäle reserviert
- Handover wird von MS eingeleitet und nicht durch Netz
- Datenübertragung GSM: Benutzer muss unabhängig davon, ob er auch wirklich Daten sendet, bezahlen, da er während Übertragung einen Zeitschlitz belegt
- Datenübertragung GPRS: da GPRS paketorientiert, stehen Zeitslitze mehreren Benutzern gleichzeitig zur Verfügung, also wird nur bezahlt, was auch gesendet wurde
- GPRS: Daten werden nur übertragen, wenn auch Kapazitäten frei sind, Netz also nicht zusätzlich belastet
- GPRS: Verbindungen ohne aktuellen Datenfluss benötigen also keine Bandbreite, daher ständiger Kontakt zu Netz, auch "Always-On" genannt
- Nachteile: Nutzung von Streaming-Diensten wie Radio unbrauchbar, da keine kontinuierliche Datenübertragung / versuchen viele Nutzer Daten zu senden, sinkt die Übertragungsrate gegen null

Welche Änderungen sind notwendig, damit Handover von GSM in UMTS ermöglicht werden könnte?

BSC muss aufgerüstet werden, damit er auch die UMTS-Frequenzmessergebnisse seiner zu verwaltenen Mobilteilnehmer verarbeiten kann. Das Handy schickt also nicht nur GSM Messergebnisse, sondern auch UMTS-Kanalmessungen. Ohne diese UMTS-Messwerte wüsste der BSC (genauer gesagt das dem BSC zugeordnete MSC) nicht zu welchem 3G-MSC (UMTS-MSC) und RNC des UTRANs er Kontakt aufnehmen muss, um einen Handover von der GSM-Zelle zur UMTS-Zelle durchführen zu können.

Wie funktioniert der Aufbau des Spannbaums bei Bluetooth?

Wie funktioniert die Datenübertragung bei GSM?

Erläutern Sie die Funktion der beiden Location Register VLR und HLR.

Welches Netzelement hat die Verantwortung für das Handover

Sowohl das Location-Update wie der Handover haben mit der Mobilität der Geräte zu tun. Worin liegt der Unterschied der beiden?

Warum spricht man bei UMTS von atmenden Zellen?

Warum ist das Power Management bei UMTS so wichtig?

Brauchen wir bei Bluetooth TA?