

1 Introduction

- 1.1 Discover the current numbers of subscribers for the different systems. As mobile communications boom, no printed number is valid for too long!
- 1.2 Check out the strategies of different network operators while migrating towards third generation systems. Which are reasons why a single common system is not in sight?

2 Wireless Transmission

2.1 Frequency regulations may differ between countries. Check out the regulations valid for your country (within Europe the European Radio Office may be able to help you, www.ero.dk, for the US try the FCC, www.fcc.gov, for Japan ARIB, www.arib.or.jp).

2.2 Why can waves with a very low frequency follow the earth's surface? Why are they not used for data transmission in computer networks?

Nicht benutzt in Computernetzwerken weil man riesige Antennen benötigt um sie zu empfangen → unpraktisch und teuer. Außerdem sind damit nur geringe Datenraten zu erreichen, da die Bandbreite gering ist.

2.3 Why does the ITU-R only regulate 'lower' frequencies (up to some hundred GHz) and not higher frequencies (in the THz range)?

2.4 What are the two different approaches in regulation regarding mobile phone systems in Europe and the US? What are the consequences?

In den USA Versteigerung der Frequenzen an den Meistbietenden. In Europa wird nach Technologie separiert. Konsequenz ist, dass in Amerika verschiedene Technologien auf dem gleichen Frequenzband mit einander konkurrieren und sich gegenseitig stören.

2.5 Why is the international availability of the same ISM bands important?

Für den Export von Geräten wie Routern, Mikrowellen oder medizinischen Geräten ohne das die Funkmodule regional angepasst werden müssten.

2.6 Is it possible to transmit a digital signal, e.g., coded as square wave as used inside a computer, using radio transmission without any loss? Why?

Man hat im Funk ja nur ein gewisses Frequenzband zur Verfügung. Ein digitales Signal besteht aber aus unendlich vielen analogen Signalen mit unterschiedlicher Frequenz nach der Fouriertransformation. Es müssen also alle Frequenzen weggelassen werden, die nicht in der verfügbaren Bandbreite liegen → Signal wird ungenauer.

2.7 Is a directional antenna useful for mobile phones? Why? How can the gain of an antenna be improved?

Nein, also nicht direkt am Handy bzw. am UE/MS. Man weiß ja nicht in welcher Richtung sich die gerade verbundene Base Station befindet, bzw. man will auch nicht gezwungen sein, das Handy in einer ortsabhängigen Position zu tragen. Es sollte also in alle Richtungen gleichmäßig gesendet werden. Zumal die Zelle ja auch regelmäßig durch die implizierte Mobilität gewechselt wird.

Für Basisstationen, die nur bestimmte Bereiche abdecken sollen ist es wiederum sinnvoll, weil weniger Energie benötigt wird.

Gain Improvement: Benutze MIMO, mehr kleine Antennen → weniger Energie wird benötigt

2.8 What are the main problems of signal propagation? Why do radio waves not always follow a straight line? Why is reflection both useful and harmful?

- Fading: Frequenzabhängig, Umwelt beeinflusst das Signal indem es die Wellenlänge vergrößert oder verringert
- Shadowing: Abschirmung bestimmter Frequenzen durch Materialien wie Stahlbetonwände, Bäume, Wasser. Je höher die Frequenz, desto stärker treten shadowing-Effekte auf.
- Reflection: Reflexion von Signalen an Wänden, etc. Besonders stark in Innenstädten mit engen Gassen
- Refraction: Wie beim Licht im Wasser. Ablenkung des Signals durch ein Medium
- Scatter: Brechung des Signals wie beim Licht und einem Prisma. Spaltet Signal in seine Frequenzbestandteile auf.
- Diffraction an Kanten. Ablenkung + Aufspaltung des Signals.

Frage 2 ergibt sich aus obigen Problemen. Signale haben selten freie Bahn, sondern kollidieren mit Objekten und werden abgelenkt. Reflexion hilft dabei schlecht erreichbare Ecken in z.B. Innenstädten abzudecken, ohne zusätzliche Antennen aufstellen zu müssen. Allerdings lenkt sie auch das Signal ab, was dazu führt, das gesendete Signale nicht dort ankommen wo sie hin sollen oder zu spät und in schlechter Qualität am Empfänger eintreffen.

2.9 Name several methods for ISI mitigation. How does ISI depend on the carrier frequency, symbol rate, and movement of sender/receiver? What are the influences of ISI on TDM schemes?

ISI means intersymbol interference

- Kürzere Impulse nutzen, sodass möglichst wenig Energie sich auf die benachbarten Symbole auswirken kann
- Zeitliche Trennung von Symbolen durch guard-periods.
- Equalizer im Receiver, der versucht die Effekte rückgängig zu machen
- Sequence Detector im Receiver um mithilfe des Viterbi Algorithmus die übertragene Symbolfrequenz zu schätzen.

Carrier Frequenz hoch \rightarrow stärkere Interferenzen, weil die Impulse näher beieinander liegen

Symbol Rate hoch \rightarrow mehr Symbole pro Impuls \rightarrow schöneres Signal notwendig zum decodieren \rightarrow mehr Interferenzen und kaputte Signale

Bewegungen von Sender und Empfänger führen zu unterschiedlichen Übertragungszeiten der einzelnen Signale. Gerade wenn diese Bewegungen sehr schnell sind, treffen Signale eventuell zu einem unerwarteten Zeitpunkt ein (auch zugleich) und stören sich.

ISI bedeutet auch, dass eventuell die Signale unterschiedlicher Time Slots miteinander interferieren und somit Signale an einer Stelle erscheinen, wo sie nichts zu suchen haben. Behoben durch guard spaces zwischen den Time Slots und früheres Senden der Nachrichten (Time Advance bei GSM).

2.10 What are the means to mitigate narrowband interference? What is the complexity of the different solutions?

Spread Spectrum.

Direct Sequence Spread Spectrum \rightarrow XOR von Signal(-bit) mit einer Zufallszahl (der sog. Chipping-Sequence). Signale, die orthogonale Chipping-Sequences verwenden, können voneinander getrennt werden. Je mehr Chips pro Bit, desto breiter das Signal. **breiter=mehr Spektrum, stimmt das mit dem breiteren Signal wirklich?**

Frequency Hopping Spread Spectrum \rightarrow Sprunghaftes ändern der Trägerfrequenz (Bluetooth) Fast Hopping: mehrere Frequenzen pro Bit, Slow Hopping: mehrere Bits per Frequenz

FHSS ist deutlich einfacher zu implementieren, da einfach in einem gewissen Takt gesprungen werden muss. Bei DSSS muss hingegen bei Sender und Empfänger das Signal umgerechnet werden was Prozessorleistung erfordert.

2.11 Why, typically, is digital modulation not enough for radio transmission? What are general goals for digital modulation? What are typical schemes?

Sender unterschiedlicher Dienste (z.B. Zellen, Radiosender) haben bestimmte zugewiesene Frequenzbänder in denen sie sich bewegen können ohne andere Sendestationen zu stören. Deshalb muss das Signal mit den Nutzdaten noch auf die genutzte Trägerfrequenz moduliert werden.

Ziele von digitaler Modulation sind spektrale Effizienz (so viel Information wie möglich pro Frequenzintervall), Stromsparen und robuste Signale.

Digitale Modulation nennt sich auch Shift Keying

- Amplitude Shift Keying: Verändere Ausschlag der Welle passend zum zu übertragenden Bit
- Frequency Shift Keying: Ändere Frequenz passend zu 0 oder 1
- Phase Shift Keying: Verschiebe die Phase des Signals abhängig vom Bit-wert.

2.12 Think of a phase diagram and the points representing bit patterns for a PSK scheme (see Figure 2.29). How can a receiver decide which bit pattern was originally sent when a received ‘point’ lies somewhere in between other points in the diagram? Why is it, thus, difficult to code more and more bits per phase shift?

Wir nehmen den Punkt, der am nächsten liegt? Wenn man sich des Quadranten sicher ist, weiß man zumindestens die ersten beiden bits.

Wenn man viele Bits per Phase verwendet, resultiert das in mehr Punkten in unserer Map. Dadurch sind die Bereiche in denen ein Bit eindeutig einem Wert zugeordnet werden kann kleiner und das Signal ist weniger robust.

2.13 What are the main benefits of a spread spectrum system? How can spreading be achieved? What replaces the guard space in Figure 2.31 when compared to Figure 2.32? How can DSSS systems benefit from multipath propagation?

Benefits:

- Störungen, die nur einen kleinen Frequenzbereich betreffen stellen kein Problem mehr dar, da das Signal sich über einen größeren Bereich erstreckt. Das Signal wird also robuster.
- Mit einer geheimen und wechselnden Chipping Sequence eine Verschlüsselung zu erzielen.
- Nutzer können auch auf dem selben Frequenzband gleichzeitig senden, wenn sie unterschiedliche Codes zum spreaden nutzen.
- Es muss keine Frequenzplanung im Bezug auf die Position der Mobilfunkmasten mehr durchgeführt werden

Spreading: Signal → xor mit Chipping-Sequence → digitale modulation und modulation auf Trägerfrequenz

Guard spaces: Wird durch orthogonale Chipping-Sequences ersetzt.

Benefits from Multipathpropagation: Offensichtlich nutzen DSSS Systeme sog. rake receivers (**wie funktioniert das?**). Dadurch können sie leicht verschiedene Signale einfangen und zum Ausgangssignal rekombinieren.

2.14 What are the main reasons for using cellular systems? How is SDM typically realized and combined with FDM? How does DCA influence the frequencies available in other cells?

Reasons cellular: Mehr Nutzer möglich, weniger Energie für die Übertragung notwendig wegen kürzerer Wege, dezentral daher robuster.

Realization SDM+FDM: Jede Zelle deckt einen bestimmten Bereich ab. Alle Nutzer in diesem Bereich nutzen die Basisstation dieser Zelle(SDM). Jede Zelle hat ein bestimmtes Frequenzband, welches disjunkt zum Frequenzband benachbarter Zellen ist(FDM).

DCA means dynamic channel allocation DCA: Wenn eine Zelle viele Nutzer hat, leiht sie von benachbarten Zellen dynamisch unbenutzte Frequenzen.

2.15 What limits the number of simultaneous users in a TDM/FDM system compared to a CDM system? What happens to the transmission quality of connections if the load gets higher in a cell, i.e., how does an additional user influence the other users in the cell?

user limitation: TDM/FDM ist irgendwann voll belegt und lehnt dann einfach neue Nutzer ab, weil die verfügbaren Frequenzen bzw. die Timeslots aufgebraucht sind.

higher load in CDM: CDM Je mehr Nutzer/Load in einer Zelle mit CDM, desto stärker das Rauschen → geringere Reichweite der Basisstation → irgendwann fallen entferntere Nutzer aus der Zelle.

3 Medium Access Control

3.1 What is the main physical reason for the failure of many MAC schemes known from wired networks? What is done in wired networks to avoid this effect?

Signalstärke → hidden Terminals

3.2 Recall the problem of hidden and exposed terminals. What happens in the case of such terminals if Aloha, slotted Aloha, reservation Aloha, or MACA is used?

- Aloha: Hidden: Terminals A und C senden einfach fröhlich drauflos → Kollision → Kein ACK von B → neue Übertragung bis die Daten irgendwann ankommen
Exposed: Es wird einfach gesendet und damit auch keine Rücksicht auf irgendwelche belegten Medien genommen
- Slotted Aloha: Wie Aloha, nur nicht ganz so schlimm, weil nicht mehr beliebige Schnitte der Zeitintervalle zustandekommen sondern nur noch solche, die auf je einen Zeitslot begrenzt sind.
- Reservation Aloha: Reservierung wie bei Slotted Aloha, bei Datenübertragung gibt es keine Probleme, weil alle Terminals ihre Slots zugewiesen bekommen.
- MACA: Hidden: A sendet RTS → B sendet CTS → C empfängt CTS von B und wartet deshalb
Exposed: B möchte etwas zu A senden, C zu D. C empfängt kein CTS von A, da A nicht sichtbar und muss deshalb nicht warten.

3.3 How does the near/far effect influence TDMA systems? What happens in CDMA systems? What are countermeasures in TDMA systems, what about CDMA systems?

Jedes Terminal hat seinen Zeitslot und sendet da auf seiner Frequenz. Es muss nur, je nach Entfernung zwischen Sender und Empfänger, der Sendezeitpunkt angepasst werden sodass das Signal im richtigen Timeslot eintrifft (Time Advanced Field bei GSM).

Bei CDMA kann ein weiter entferntes User Equipment (UE) von einem Näheren übertönt werden. Eine Gegenmaßnahme wäre die Signalstärke anzupassen, wenn keine ACKs vom Receiver kommen bzw. vielleicht den näheren Terminals zu signalisieren schwächer zu senden. Also entfernungsabhängiges power-management.

3.4 Who performs the MAC algorithm for SDMA? What could be possible roles of mobile stations, base stations, and planning from the network provider?

Der Provider legt die Zellstrukturen fest, also die Netztopologie. Also ist der Provider derjenige, der für den SDMA zuständig ist. Staaten legen die Rahmenbedingungen fest, die der Provider dabei einzuhalten hat, z.B. welche Frequenzen benutzt werden dürfen oder wo es Netzabdeckung geben muss.

Die MS suchen sich über die Signalstärke die nächstgelegene BS und tauschen sich mit dieser aus. Dort wo es viele MS gibt sollte es auch viele BS geben.

3.5 What is the basic prerequisite for applying FDMA? How does this factor increase complexity compared to TDMA systems? How is MAC distributed if we consider the whole frequency space as presented in chapter 1?

Wir müssen in der Lage sein unser digitales Signal auf eine bestimmte Trägerfrequenz zu modulieren. Also benötigen Sender und Empfänger analoge Signalprozessoren, die das hergeben. Während in TDMA Systemen einfach nur synchronisiert auf immer der gleichen Frequenz gesendet wird - also vom Empfänger auch nur eine Frequenz abgehört werden muss - muss der Empfänger bei FDMA Systemen mehrere Frequenzen gleichzeitig handeln. Die Kommunikation geschieht also parallel und nicht sequentiell wie beim TDMA. Man kann auch auf nur einer Frequenz Nachrichten empfangen und hat auch FDMA

3.6 Considering duplex channels, what are alternatives for implementation in wireless networks? What about typical wired networks?

FDD, also eine Menge an Frequenzen für den Uplink und eine Menge für den Downlink oder TDD als in einer bestimmten Zeit wird gesendet und in der Restlichen empfangen. CDD mit unterschiedlichen Codes für Uplink und Downlink. Verkabelte Netzwerke nutzen gewöhnlich einfach unterschiedliche Leitungen/Kabelstränge.

3.7 What are the advantages of a fixed TDM pattern compared to random, demand driven TDM? Compare the efficiency in the case of several connections with fixed data rates or in the case of varying data rates. Now explain why traditional mobile phone systems use fixed patterns, while computer networks generally use random patterns. In the future, the main data being transmitted will be computer-generated data. How will this fact change mobile phone systems?

Advantages of fixed TDM: Fairness, einfach zu implementieren.

Efficiency: Feste Timeslots sind effektiver bei festen Datenraten, da weniger Overhead entsteht und keine Kapazität für die Reservierung von Time Slots verbraucht wird. Bei wechselnden Datenraten ist logischerweise DAMA-TDMA effektiver, da jede Station hier

nur so viel Kapazität belegt wie sie braucht. Wenn bei fixed TDMA bspw. eine Station zeitweise nur wenig bis gar keine Daten sendet, werden ihre Time Slots verschwendet.
Change due to computer-generated data: **TODO** package-oriented, more download than upload bandwidth

3.8 Explain the term interference in the space, time, frequency, and code domain. What are countermeasures in SDMA, TDMA, FDMA, and CDMA systems?

- SDMA: Zwei Sender stehen zu nah beieinander und senden auf der gleichen Frequenz. Guard Space durch genügende große Abstände zwischen den Antennen.
- TDMA: das Signal einer Station kommt im falschen Slot an und trifft auf das Signal einer anderen Station. Guard Spaces in Form von Sendepausen zwischen den Slots, bessere Synchronisation, z.B. Time Advance bei GSM.
- FDMA: die Frequenzbänder von Stationen überlappen. Guard Spaces in Form von ungenutzten Frequenzen bzw. Frequency Reuse erst ab einer gewissen Entfernung bei Zellen, Frequency Hopping
- CDMA: Codes canceln sich gegenseitig. Orthogonale Codes nutzen

3.9 Assume all stations can hear all other stations. One station wants to transmit and senses the carrier idle. Why can a collision still occur after the start of transmission?

Geschwindigkeit des Signals in der Luft begrenzt. Station beginnt also zu senden, doch bevor das Signal eine andere Station erreichen kann, checkt eine weitere Station das Medium, erkennt es als frei und sendet. Außerdem spielt die Geschwindigkeit der Hardware eine Rolle.

3.10 What are benefits of reservation schemes? How are collisions avoided during data transmission, why is the probability of collisions lower compared to classical Aloha? What are disadvantages of reservation schemes?

Vorteile der Reservierung ist ein größtenteils kollisionsfreier Datenaustausch. Durch die Reservierung kann eine Station je nach Bedarf auch mehr Daten senden oder eben weniger. Es werden keine unnötigen Ressourcen wie Time Slots, Codes oder Frequenzen blockiert.

Collision avoidance while data transmission: Es wird nur der Zeitslot verwendet, den man für sich alleine reservieren konnte.

Low collision probability: Die ALOHA Phase in der wild gesendet wird ist vergleichsweise kurz.

Nachteil der Reservierung ist der zusätzliche Overhead (Reservation Lists up to date halten etc.)

3.11 How can MACA still fail in case of hidden/exposed terminals? Think of mobile stations and changing transmission characteristics.

Wenn sich eine MS bewegt verändert sich möglicherweise, ob sie hidden/exposed ist und bekommt z.B: das CTS im hidden Fall nicht und wartet nicht damit zu senden, obwohl der Empfänger gerade von der hidden MS Daten gesendet bekommt.

3.12 Which of the MAC schemes can give hard guarantees related to bandwidth and access delay?

TDMA mit festen Slots und FDMA

3.13 How are guard spaces realised between users in CDMA?

Orthogonale Codes, quasi-orthogonale Codes.

3.14 Redo the simple CDMA example of subsection 3.5, but now add random ‘noise’ to the transmitted signal $(-2, 0, 0, -2, +2, 0)$. Add, for example, $(1, -1, 0, 1, 0, -1)$. In this case, what can the receiver detect for sender A and B respectively? Now include the near/far problem. How does this complicate the situation? What would be possible counter-measures?

Signal + noise = $-1, -1, 0, -1, +2, -1$

$A_k = 010011$

A beim Empfänger: $+1-1+0+1+2-1 = 2$ also 1

$B_k = 110101$

B beim Empfänger: $-1-1+0-1-2-1 = -6$ also 0

Der Empfänger kann die Signale trotz des Noise decodieren. Bei einem zusätzlichen Near-Far Problem könnte bspw. das Signal von A und das Noise deutlich heftiger ausfallen, sodass das decodieren der Bits nicht mehr möglich ist. Um dies zu beheben könnten z.B. längere Keys für A und B verwendet werden. Weitere Möglichkeit: Sendeleistung erhöhen.

4 Telecommunication systems

4.1 Name some key features of the GSM, DECT, TETRA, and UMTS systems. Which features do the systems have in common? Why have the older three different systems been specified? In what scenarios could one system replace another? What are the specific advantages of each system?

- GSM (Global System for Mobilecommunication): Circuit Switched, wireless Communication, wide area coverage, 9,6 kbit/s bis 50kbit/s, voice, MMS, SMS, TDMA
- DECT (Digital Enhanced Cordless Telecommunications): Reichweite 30-50 m, wenige Teilnehmer über eine gemeinsame DECT station, andere Frequenzbereiche als WLAN und Bluetooth, 32kbit/s, TDMA
- TETRA: ad-hoc networking, direct mode (ME to ME Communication), encryption directly on the Mobile Terminals, TDMA
- UMTS: higher Data rates (up to 2 Mbit/s urban), higher capacity, CDMA, Packet Switched, more flexible

4.2 What are the main problems when transmitting data using wireless systems that were made for voice transmission? What are the possible steps to mitigate the problems and to raise efficiency? How can this be supported by billing?

Sprachübertragung hat eine recht gleichmäßige Verteilung der Daten über die Zeit der Verbindung hinweg. Bei anderen Datenverbindungen wie z.B. Videotelefonie oder E-Mails werden variierende Datenmengen empfangen und versendet. Das führt im klassischen GSM zu einer Mischung aus Überlastung und ungenutzten Time Slots.

Packet Switched Services (GPRS), welche freie Time Slots nutzen (bis zu 4), allerdings nur wenn diese wirklich benötigt werden.

4.3 Which types of different services does GSM offer? Name some examples and give reasons why these services have been separated.

- Bearer Services are Services to transfer data between access points. OSI layers 1-3
- Tele Services that enable voice communication via mobile phones (mobile telephony, emergency numbers, multinumbrering, SMS, mailbox, fax, electronic mail)
- Supplementary services similar to ISDN services (forward caller number, suppression of caller number, automatic call-back, conferencing, blocking incoming and outgoing calls)

Getrennt wegen Abstraktion (wer hätte es gedacht). Modularisierung führt zu besserer Erweiterbarkeit, die Zuständigen Personen können sich auf ein bestimmtes Feld konzentrieren und behandeln die anderen Bereiche wie Black Boxen.

4.4 Compared to the TCHs offered, standard GSM could provide a much higher data rate (33.8 kbit/s) when looking at the air interface. What lowers the data rates available to a user?

Kontrollsignale, Guard Spaces zwischen den TDMA Slots, Forward Error Correction also Redundanz in den Nutzerdaten

4.5 Name the main elements of the GSM system architecture and describe their functions. What are the advantages of specifying not only the radio interface but also all internal interfaces of the GSM system?

- Mobile Station ist das Terminal mit dem der Nutzer auf das GSM Netz zugreifen kann
- Base Station (BS Controller und B Transceiver Station) sind die Zugriffspunkte des GSM Netzes zu denen sich die MS verbindet. Sie ist verantwortlich für Handover, Senden und Empfangen von Daten und dem zuweisen eines Channels und Time Slots.
- Mobile Services Switching Center steuert alle Verbindungen auf zugehörigen BSCs
- Datenbanken (HLR, VLR) enthalten Daten aller Nutzer eines Providers/einer Gebietes und enthalten u.a. den letzten Aufenthaltsort, die Nummer, Vertragsinformationen
- Authentication Center für Identifizierung gegenüber dem Netz, Verschlüsselung
- Equipment Identity Register
- Operation and Maintenance Center

Spezifikation bedeutet auch immer mehr Kompatibilität. Hardware von verschiedenen Herstellern kann genutzt werden. Geringere Abhängigkeit.

4.6 Describe the functions of the MS and SIM. Why does GSM separate the MS and SIM? How and where is user-related data represented/stored in the GSM system? How is user data protected from unauthorised access, especially over the air interface? How could the position of an MS (not only the current BTS) be localised? Think of the MS reports regarding signal quality.

Die MS ist zuständig für alle Funkfunktionen und Nutzerdienste. Die SIM enthält die zur Identifikation gegenüber des Authentication Centers notwendigen Nutzeparameter und ist für die Identifikation gegenüber dem Netz zuständig.

MS und SIM sind getrennt bzw. trennbar, da zur Einführung von GSM die eSIM noch keine Option war und vermutlich niemand Lust gehabt hätte bei jedem Providerwechsel ein neues Telefon zu erwerben oder wahlweise die Provider keine Lost hatten mit jedem neuen Telefon eines Nutzers eine neue SIM auszustellen. Also Erhöhung der Benutzbarkeit.

Die Datenübertragung zwischen der MS und der BTS ist mit einem cipher Key verschlüsselt. Dieser wird mithilfe des individuellen Nutzer authentication keys in der SIM Karte und dem Algorithmus A8 generiert. Die Verschlüsselung läuft dann über den Algorithmus A5. Ein „Abhörer“ müsste also den besagten Nutzer key kennen um die Unterhaltung verstehen zu können. Dieser ist jedoch nur dem Provider (also dem AC) und der SIM bekannt. (idealerweise, man weiß ja nie...)

Der measurement report der MS enthält alle BTS's, welche die MS empfangen kann und die zugehörige Signalstärke/-qualität. Aus diesen Informationen kann der ungefähre Abstand zu den BTS's ermittelt werden und, wenn genügend Antennen in der Region stehen, die Position der MS stark eingegrenzt werden.

4.7 Looking at the HLR/VLR database approach used in GSM—how does this architecture limit the scalability in terms of users, especially moving users?

Irgendwann sind die Datenbanken einfach voll. Bei vielen bewegten Nutzern müssen viele Einträge von VLR zu VLR und von VLR zum HLR geschoben werden.

4.8 Why is a new infrastructure needed for GPRS, but not for HSCSD? Which components are new and what is their purpose?

HSCSD is still circuit switched and just utilizes more than one slot per user, so only the software has to change.

GPRS is packet switched and therefor needs Hardware to handle Packet Transmission (Routers). New components are:

- GGSN (Gateway GPRS Support Node) which is the interworking unit between GPRS and a PDN
- SGSN (Serving GSN) which is communicating with the MS in terms of location and billing
- GR (GPRS Register) which contains the user addresses

4.9 What are the limitations of a GSM cell in terms of diameter and capacity (voice, data) for the traditional GSM, HSCSD, GPRS? How can the capacity be increased?

GSM-Zellen können eine Größe von bis zu 35km umfassen. Die Kapazität ist begrenzt durch die Anzahl der verfügbaren Frequenzen und Time Slots. Sind diese gefüllt, werden keinen neuen Nutzer mehr aufgenommen.

Datarates:

- classical GSM: 9.6 kbit/s, advanced coding 14.4 kbit/s
- HSCSD: 57.6 kbit/s
- GPRS: 171.2 kbit/s mit 8 slots und coding scheme CS-4

Mit EDGE erreicht GSM bis zu 384 kbit/s durch andere Modulation

4.10 What multiplexing schemes are used in GSM for what purposes? Think also of other layers apart from the physical layer.

SDM in Hinblick auf die Zellen, FDM für den Duplex und Trennung der Channels, TDM für den Zurgiff in den einzelnen Channels (Trennung der User)

4.11 How is synchronisation achieved in GSM? Who is responsible for synchronisation and why is synchronisation very important?

Die Synchronisation läuft zwischen BSC und MS ab indem die BS in regelmäßigen Abständen Time Slots bereithält und jeder MS einen solchen zuweist. Nur dann darf gesendet werden.

Synchronisation ist wichtig, da sonst die Time Slots von den sich bewegendenden MS regelmäßig verpasst werden würden, da das Signal plötzlich länger oder kürzer bis zur BS braucht. Es muss also dementsprechend angepasst früher oder später gesendet werden. Dies wird nur durch gute Synchronisation möglich. (Sync in der MS) Die Time Slots von der BS werden zur Trennung der Nutzer benötigt.

4.12 What are the reasons for the delays in a GSM system for packet data traffic? Distinguish between circuit-switched and packet-oriented transmission.

4.13 Where and when can collisions occur while accessing the GSM system? Compare possible collisions caused by data transmission in standard GSM, HSCSD, and GPRS.

Beim Verbinden mit der BS muss zum reservieren der Time Slots slotted Aloha auf dem RACH verwendet werden. Hierbei kann es zu Kollisionen kommen. Die eigentliche Datenübertragung läuft dann üblicherweise kollisionsfrei ab, außer es kommt zu außergewöhnlichen Ereignissen, wie einem fiesen jamming Angriff eines anderen Nutzers.

Bei HSCSD kann es zusätzlich noch zu Problemen beim Handover kommen, wenn auf der neuen BS keine 2 (3,4) Slots reserviert werden können. Jedoch wird dann vermutlich einfach die Verbindung abgelehnt, also keine Kollision.

4.14 Why and when are different signalling channels needed? What are the differences?

- RACH (Random Access Channel) wird für Zugriffsanfragen und location Updates genutzt
- TCH (Traffic Channel)

4.15 How is localisation, location update, roaming, etc. done in GSM and reflected in the data bases? What are typical roaming scenarios?

Lokalisierung ist nur dann möglich, wenn sich der Teilnehmer regelmäßig mit seiner MS im Netz einbucht. Sobald er dies tut, wird das verantwortliche VLR informiert und der Nutzer wird dort eingetragen. Das HLR des Teilnehmers wird über den neuen Standort in Kenntnis gesetzt (Location update).

Location Update Ablauf:

- MS bemerkt, dass seine neue Zelle sich in einer anderen Location Area gehört.
- Der BSC empfängt eine Location Update Message von der MS und leitet diese weiter zum MSC.
- MSC bemerkt, dass die alte LA der MS zu einem anderen MSC gehört und fragt das alte VLR nach der IMSI des Teilnehmers und trägt diese in ihre Datenbank ein.
- Das MSC sendet eine Update Location Message an das HLR des Teilnehmers.
- HLR trägt den neuen Aufenthaltsort des Teilnehmers ein und sendet dem neuen MSC Informationen über den Teilnehmer, wie den zugehörigen Key, random Challenge und die SRES für die Verschlüsselung und Authentifizierung.
- Die alte MSC löscht die Daten im VLR.
- Authentifizierung des Nutzers

Roaming geschieht durch Nachfrage beim HLR des Teilnehmers. Das HLR schaut nach, wo der Teilnehmer zuletzt gesichtet wurde und fragt das zuständige VLR ob sich der Teilnehmer noch dort aufhält und erhält bei Erfolg die MSRN (Mobile Subscriber Roaming Number) welche eine ISDN Nummer im jeweiligen Gebiet ist, mit welcher der Nutzer erreicht werden kann.

National roaming, international roaming. Beides Wechsel des Provider Netzes.

4.16 Why are so many different identifiers/addresses (e.g., MSISDN, TMSI, IMSI) needed in GSM? Give reasons and distinguish between user related and system related identifiers.

- MSISDN ist die Nummer, die einer SIM-Karte zugeordnet wird und die man auf seinem Handy wählt um einen Nutzer zu erreichen. Über diese Nummer wird der Teilnehmer einem HLR, bzw. einem Provider zugeordnet.
- TMSI (Temporary Mobile Subscriber Identity) erhält die MS vom aktuellen VLR und gilt nur in der aktuellen LA. Sie wird genutzt um einen Nutzer „anzu-pagen“, wenn dieser angerufen wird.
- IMSI ist die globale Identifikationsnummer über die der Teilnehmer im Netz einer HLR zugeordnet und kann so im HLR gefunden werden. Um tracking eines Nutzers zu erschweren wird diese Nummer möglichst selten versendet und meist durch die TMSI ersetzt.

4.17 Give reasons for a handover in GSM and the problems associated with it. Which are the typical steps for handover, what types of handover can occur? Which resources need to be allocated during handover for data transmission using HSCSD or GPRS respectively? What about QoS guarantees?

Wir bewegen uns von unserer aktuellen Antenne weg und hin zu einer anderen. Dadurch wird das Signal der alten BTS immer schwächer und das der Neuen immer stärker. Probleme ergeben sich, wenn ein Nutzer mehrere BTS gleich stark empfängt und somit ständig HO notwendig werden und dadurch die Verbind sehr schlecht wird. Dies wird dadurch verhindert, dass ein HO nur dann eingeleitet wird, sobald eine Gewisse Grenze der Signalstärke erreicht ist.

Handover Steps see figure 4.45

Types of HO: Channel change, BTS change, BSC change, MSC change

4.18 What are the functions of authentication and encryption in GSM? How is system security maintained?

Authentifizierung erfolgt zwischen der SIM und dem AC. Hierbei wird zunächst eine Zufallsnummer vom AC an die SIM gesendet. Beide Seiten führen nun den Algorithmus A3 mit dieser Nummer und dem individuellen Teilnehmer Key aus und senden das Ergebnis in Form einer SRES Nachricht an das verbundene MSC. Hier werden die Ergebnisse verglichen. Stimme diese überein, war die Authentifizierung erfolgreich.

Verschlüsselung läuft ähnlich ab. Auch hier wird eine Zufallsnummer ausgetauscht und aus ihr und dem Teilnehmer Key mit dem A8 Algorithmus der cipher Key errechnet und vom AC an die BSS gesendet. Diese verschlüsselt dann die Nutzerdaten mit diesem Key und dem Algorithmus A5. Die Mobile Station tut das selbe auf der anderen Seite mit dem Key der von der SIM errechnet wurde.

Keine Ende-zu-Ende Verschlüsselung

- 4.19 How can higher data rates be achieved in standard GSM, how is this possible with the additional schemes HSCSD, GPRS, EDGE? What are the main differences of the approaches, also in terms of complexity? What problems remain even if the data rate is increased?**

Klassisches GSM is 9.6 kbit/s, 14.4 kbit/s mit weniger FEC

HSCSD nutzt mehrere Slots um die Datenrate zu erhöhen.

GPRS nutzt bis zu 8 time-slots und bietet 4 verschiedene Coding Schemes (CS-1 bis CS-4)

EDGE nutzt eine andere Modulation(PSK) in addition to GMSK, which offers even higher data rates under good propagation conditions.

- 4.20 What limits the data rates that can be achieved with GPRS and HSCSD using real devices (compared to the theoretical limit in a GSM system)?**

Alte Handy können die Codes von GPRS nicht und können nicht senden und empfangen zugleich.

- 4.21 Using the best delay class in GPRS and a data rate of 115.2 kbit/s – how many bytes are in transit before a first acknowledgement from the receiver could reach the sender (neglect further delays in the fixed network and receiver system)? Now think of typical web transfer with 10 kbyte average transmission size—how would a standard TCP behave on top of GPRS (see chapter 9 and chapter 10)? Think of congestion avoidance and its relation to the round-trip time. What changes are needed?**

- 4.22 How much of the original GSM network does GPRS need? Which elements of the network perform the data transfer?**

GPRS nutzt das GSM-Netz für die Authentifizierung, benötigt also das OSS und die LRs.

- 4.23** What are typical data rates in DECT? How are they achieved considering the TDMA frames? What multiplexing schemes are applied in DECT for what purposes? Compare the complexity of DECT with that of GSM.
- 4.24** Who would be the typical users of a trunked radio system? What makes trunked radio systems particularly attractive for these user groups? What are the main differences to existing systems for that purpose? Why are trunked radio systems cheaper compared to, e.g., GSM systems for their main purposes?

Feuerwehr, Polizei, Militär, Hilfsorganisationen in Krisengebieten.

Ad-Hoc networking, verlässliche/robuste Verbindung. Es kann in eine Krisenregion schnell das eigene Netz aufgestellt werden. Die Verschlüsselung (ende zu ende) ist besser, also bessere Sicherheit.

Der größte Unterschied von TETRA zu GSM oder ähnlichem ist der Direct Mode, der eine ad-hoc Verbindung zwischen den Terminals erlaubt. Es muss also keine Infrastruktur vorhanden sein, solange die Geräte in Reichweite sind. Diese kann auch durch den Einsatz von (mobilen) Repeatern vergrößert werden.

- 4.25** Summarise the main features of 3rd generation mobile phone systems. How do they achieve higher capacities and higher data rates? How does UMTS implement asymmetrical communication and different data rates?

Nutzen CDMA statt TDMA, sehr viel höhere Datenraten (bis zu 2 Mbit/s urban) und sind packet-switched.

Höhere Kapazitäten durch CDMA, da hier alle Nutzer auf einer Frequenz senden können und nur durch die verschiedenen Codes auseinander gehalten werden.

Verschiedene Datenraten durch variierende Spreading-Faktoren. Je höher die Datenrate desto weniger Chips pro Bit. Dadurch wird eine konstante Chippingrate von 3.84 Mchip/s gewährleistet.

- 4.26** Compare the current situation of mobile phone networks in Europe, Japan, China, and North America. What are the main differences, what are efforts to find a common system or at least interoperable systems?
- 4.27** What disadvantage does OVSF have with respect to flexible data rates? How does UMTS offer different data rates (distinguish between FDD and TDD mode)?

Es können weniger Streams mit hohen Datenraten laufen, da schon bei zwei Streams mit Spreading-Faktor 2 der gesamte Coding-Tree blockiert ist.

4.28 How are different DPDCHs from different UEs within one cell distinguished in UTRA FDD?

4.29 Which components can perform combining/splitting at what handover situation? What is the role of the interface Iur? Why can CDMA systems offer soft handover?

Combining/Splitting ist Aufgabe der RNCs oder Node Bs, damit das CN nicht davon verwirrt wird.

Findet der Handover zwischen zwei Antennen des selben Node Bs oder zwischen zwei NodeBs desselben RNCs statt sind die NodeBs für das Splitting/Combining zuständig. Sonst die RNCs.

Iur wird für die Kommunikation zwischen den RNCs genutzt.

Der soft HO wird dadurch möglich, weil wenn das Signal an einer Stelle zu schwach wird, der Pfad einfach nicht mehr genutzt wird. Es stehen ohnehin noch weitere Wege zu Verfügung, die dann stattdessen benutzt werden.

4.30 How does UTRA-FDD counteract the near-far effect? Why is this no problem in GSM?

Die Stations müssen ihre Sendestärke ständig anpassen (ein generelles Problem bei CDMA Systemen) um zu verhindern das Stationen übertönt werden. Dieses Problem tritt bei GSM nicht auf, da es TDMA nutzt und somit nie zwei Stationen auf der selben Frequenz im selben Time Slot senden (sollten) und sich somit auch nicht übertönen können.

5 Satellite systems

- 5.1 Name basic applications for satellite communication and describe the trends.
- 5.2 Why are GEO systems for telecommunications currently being replaced by fibre optics?
- 5.3 How do inclination and elevation determine the use of a satellite?
- 5.4 What characteristics do the different orbits have? What are their pros and cons?
- 5.5 What are the general problems of satellite signals travelling from a satellite to a receiver?
- 5.6 Considered as an interworking unit in a communication network, what function can a satellite have?
- 5.7 What special problems do customers of a satellite system with mobile phones face if they are using it in big cities? Think of in-building use and skyscrapers.
- 5.8 Why is there hardly any space in space for GEOs?

6 Broadcast systems

- 6.1 2G and 3G systems can both transfer data. Compare these approaches with DAB/DVB and list reasons for and against the use of DAB/DVB.**
- 6.2 Which web pages would be appropriate for distribution via DAB or DVB?**
- 6.3 How could location based services and broadcast systems work together?**

7 Wireless LAN

- 7.1 How is mobility restricted using WLANs? What additional elements are needed for roaming between networks, how and where can WLANs support roaming? In your answer, think of the capabilities of layer 2 where WLANs reside.
- 7.2 What are the basic differences between wireless WANs and WLANs, and what are the common features? Consider mode of operation, administration, frequencies, capabilities of nodes, services, national/international regulations.
- 7.3 With a focus on security, what are the problems of WLANs? What level of security can WLANs provide, what is needed additionally and how far do the standards go?
- 7.4 Compare IEEE 802.11, HiperLAN2, and Bluetooth with regard to their ad-hoc capabilities. Where is the focus of these technologies?
- 7.5 If Bluetooth is a commercial success, what are remaining reasons for the use of infrared transmission for WLANs?
- 7.6 Why is the PHY layer in IEEE 802.11 subdivided? What about HiperLAN2 and Bluetooth?
- 7.7 Compare the power saving mechanisms in all three LANs introduced in this chapter. What are the negative effects of the power saving mechanisms, what are the tradeoffs between power consumption and transmission QoS?
- 7.8 Compare the offered QoS in all three LANs in ad hoc mode. What advantages does an additional infrastructure offer? How is QoS provided in Bluetooth? Can one of the LAN technologies offer hard QoS (i.e., not only statistical guarantees regarding a QoS parameter)?
- 7.9 How do IEEE 802.11, HiperLAN2 and Bluetooth, respectively, solve the hidden terminal problem?
- 7.10 How are fairness problems regarding channel access solved in IEEE 802.11, HiperLAN2, and Bluetooth respectively? How is the waiting time of a packet ready to transmit reflected?
- 7.11 What different solutions do all three networks offer regarding an increased reliability of data transfer?
- 7.12 In what situations can collisions occur in all three networks? Distinguish between collisions on PHY and MAC layer. How do the three wireless networks try to solve the collisions or minimize the probability of collisions?
- 7.13 Compare the overhead introduced by the three medium access schemes and the resulting performance at zero load, light load, high load of the medium. How does the number of collisions increase with the number of stations trying to access the medium, and how do the three networks try to solve the problems? What is the overall scalability of the schemes in number of nodes?
- 7.14 How is roaming on layer 2 achieved, and how are changes in topology reflected? What are the differences between infrastructure based and ad hoc networks regarding roaming?

8 Mobile network layer

- 8.1 Recall routing in fixed IP networks (Kurose, 2003). Name the consequences and problems of using IP together with the standard routing protocols for mobile communications.
- 8.2 What could be quick ‘solutions’ and why do they not work?
- 8.3 Name the requirements for a mobile IP and justify them. Does mobile IP fulfil them all?
- 8.4 List the entities of mobile IP and describe data transfer from a mobile node to a fixed node and vice versa. Why and where is encapsulation needed?
- 8.5 How does registration on layer 3 of a mobile node work?
- 8.6 Show the steps required for a handover from one foreign agent to another foreign agent including layer 2 and layer 3.
- 8.7 Explain packet flow if two mobile nodes communicate and both are in foreign networks. What additional routes do packets take if reverse tunnelling is required?
- 8.8 Explain how tunnelling works in general and especially for mobile IP using IP-in-IP, minimal, and generic routing encapsulation, respectively. Discuss the advantages and disadvantages of these three methods.
- 8.9 Name the inefficiencies of mobile IP regarding data forwarding from a correspondent node to a mobile node. What are optimizations and what additional problems do they cause?
- 8.10 What advantages does the use of IPv6 offer for mobility? Where are the entities of mobile IP now?
- 8.11 What are general problems of mobile IP regarding security and support of quality of service?
- 8.12 What is the basic purpose of DHCP? Name the entities of DHCP.
- 8.13 How can DHCP be used for mobility and support of mobile IP?
- 8.14 Name the main differences between multi-hop ad hoc networks and other networks. What advantages do these ad hoc networks offer?
- 8.15 Why is routing in multi-hop ad hoc networks complicated, what are the special challenges?
- 8.16 Recall the distance vector and link state routing algorithms for fixed networks. Why are both difficult to use in multi-hop ad hoc networks?
- 8.17 What are the differences between AODV and the standard distance vector algorithm? Why are extensions needed?
- 8.18 How does dynamic source routing handle routing? What is the motivation behind dynamic source routing compared to other routing algorithms from fixed networks?
- 8.19 How does the symmetry of wireless links influence the routing algorithms proposed?
- 8.20 Why are special protocols for the support of micro mobility on the network layer needed?

9 Mobile transport layer

- 9.1 Compare the different types of transmission errors that can occur in wireless and wired networks. What additional role does mobility play?
- 9.2 What is the reaction of standard TCP in case of packet loss? In what situation does this reaction make sense and why is it quite often problematic in the case of wireless networks and mobility?
- 9.3 Can the problems using TCP be solved by replacing TCP with UDP? Where could this be useful and why is it quite often dangerous for network stability?
- 9.4 How and why does I-TCP isolate problems on the wireless link? What are the main drawbacks of this solution?
- 9.5 Show the interaction of mobile IP with standard TCP. Draw the packet flow from a fixed host to a mobile host via a foreign agent. Then a handover takes place. What are the following actions of mobile IP and how does TCP react?
- 9.6 Now show the required steps during handover for a solution with a PEP. What are the state and function of foreign agents, home agents, correspondent host, mobile host, PEP and care-of address before, during, and after handover? What information has to be transferred to which entity in order to maintain consistency for the TCP connection?
- 9.7 What are the influences of encryption on the proposed schemes? Consider for example IP security that can encrypt the payload, i.e., the TCP packet.
- 9.8 Name further optimisations of TCP regarding the protocol overhead which are important especially for narrow band connections. Which problems may occur?
- 9.9 Assume a fixed Internet connection with a round trip time of 20 ms and an error rate of 10^{-10} . Calculate the upper bound on TCP's bandwidth for a maximum segment size of 1000 byte. Now two different wireless access networks are added. A WLAN with 2 ms additional one-way delay and an error rate of 10^{-3} , and a GPRS network with an additional RTT of 2 s and an error rate of 10^{-7} . Redo the calculation ignoring the fixed network's error rate. Compare these results with the ones derived from the second formula (use $RTO = 5 RTT$). Why are some results not realistic?
- 9.10 Why does the link speed not appear in the formulas presented to estimate TCP's throughput? What is wrong if the estimated bandwidth is higher than the link speed?

10 Support for mobility

- 10.1 Why is strong consistency of file systems problematic in a wireless and mobile environment? What are the alternatives?
- 10.2 How do conventional file systems react to disconnected systems? Try unplugging a computer that has mounted a file system via a network.
- 10.3 What advantages has the statelessness of HTTP? In what situations is state useful and how is it provided today? Where is long-term state stored, where short-term?
- 10.4 Which properties of HTTP waste bandwidth? What is the additional problem using HTTP/1.0 together with TCP? How does HTTP/1.1 improve the situation?
- 10.5 How does caching improve access time and reduce bandwidth requirements? What are locations for a cache and their specific advantages?
- 10.6 What are problems of caches in real life? What type of content can be cached, which content causes problems? What are the additional problems with client mobility?
- 10.7 What discrepancies exist between the possibilities of HTML and the realities of wireless handheld devices? What are proposed solutions? What is the role of plug-ins today and how do they influence the usability of web pages?
- 10.8 Name mechanisms to improve web access for handheld devices. What is their common problem and what led finally to the development of WAP?
- 10.9 What are typical enhancements to the basic client/server architecture of the web? Reconsider these enhancements for a mobile wireless user with web access over a mobile phone network. What are efficient locations for the enhancements?
- 10.10 What are the primary goals of the WAP Forum efforts and how are they reflected in the initial WAP protocol architecture?
- 10.11 What migration paths does WAP 1.x offer for Internet and telephony applications and their protocols? Compare with WAP 2.0.
- 10.12 Is WDP a fixed protocol and why does WAP not define a SAP which WDP can use?
- 10.13 Why does WAP define its own security layer and does not rely on the security provided by the mobile phone network? What problems does the WAP security layer cause? Think of end-to-end security.
- 10.14 Name the advantages and disadvantages of user acknowledgements in WTP. What are typical applications for both cases?
- 10.15 Which WTP class reflects the typical web access best? How is unnecessary overhead avoided when using WSP on top of this class for web browsing?
- 10.16 What problems of HTTP can WSP solve? Why are these solutions especially needed in wireless mobile environments?
- 10.17 Why does WSP/B not put responses into the same order as the requests? Think, for example, of requests for different items on a