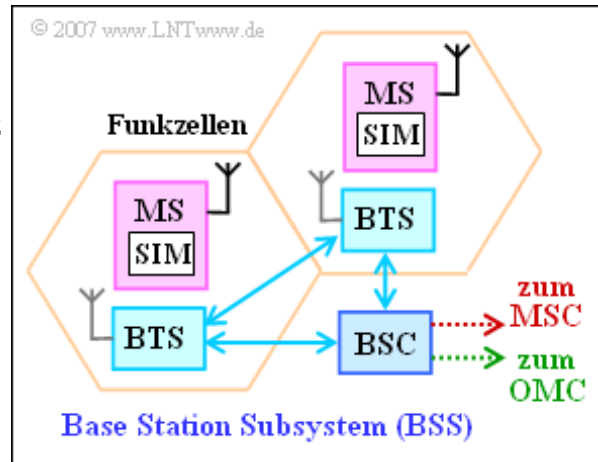


### A3.1: GSM–Netzkomponenten

Die Netzinfrastruktur beim 2G–Mobilfunkstandard *Global System for Mobile Communications* – kurz GSM – beinhaltet folgende Teilsysteme:

- Base Station Subsystem (BSS),
- Switching & Management Subsystem (SMSS),
- Operation & Maintenance Subsystem (OMSS).



Das BSS ist im wesentlichen für das GSM–Funknetz verantwortlich (siehe Grafik), während SMSS das Vermittlungsnetz darstellt und OMSS für den Betrieb und die Wartung zuständig ist.

Bei den Fragen zu diesen Aufgaben werden weiterhin folgende Begriffe verwendet:

- Authentication Center (AUC),
- Base Station Controller (BSC),
- Base Transceiver Station (BTS),
- Gateway Mobile Switching Center (GMSC),
- Home Location Register (HLR),
- Mobile Switching Center (MSC),
- Operation and Maintenance Center (OMC),
- Visitor Location Register (VLR).

**Hinweis:** Die Aufgabe bezieht sich auf das **Kapitel 3.1**.

### Fragebogen zu "A3.1: GSM-Netzkomponenten"

a) Mit welchem der drei Subsysteme kommuniziert die Mobilstation?

- BSS,
- SMSS,
- OMSS.

b) Welche Aussagen treffen für eine *Base Transceiver Station* (BTS) zu?

- BTS ist die Sende-/Empfangseinrichtung der Basisstation.
- Aufgabe der BTS ist die Vermittlung von Gesprächen.
- Meist sind mehrere BTS einem gemeinsamen BSC unterstellt.

c) Wie viele Kanäle (Antennen) kann eine BTS gleichzeitig unterstützen?

$$N_{\max} =$$

d) Welche der nachfolgenden Komponenten sind Teil des OMSS?

- GMSC,
- MSC,
- OMC.

e) Welche der nachfolgenden Komponenten sind Datenbanken?

- AUC,
- GMSC,
- HLR,
- VLR.

## A3.2: GSM-Dienste

Ein jedes *Public Land Mobile Network* (PLMN) muss die Festnetz-Infrastruktur und sog. *Interworking Functions* (IWF) zur Verfügung stellen. Nur so können die gewünschten Dienste an der Benutzerschnittstelle bereitgestellt werden.

Die GSM-Dienste sind in drei Kategorien unterteilt:

- *Bearer Services* (Trägerdienste),
- *Tele Services* (Teledienste),
- *Supplementary Services* (Zusatzdienste).

Grundlage für die Datenübertragung bilden die Trägerdienste, wobei die maximale Datenrate 9.6 kbits/s beträgt.

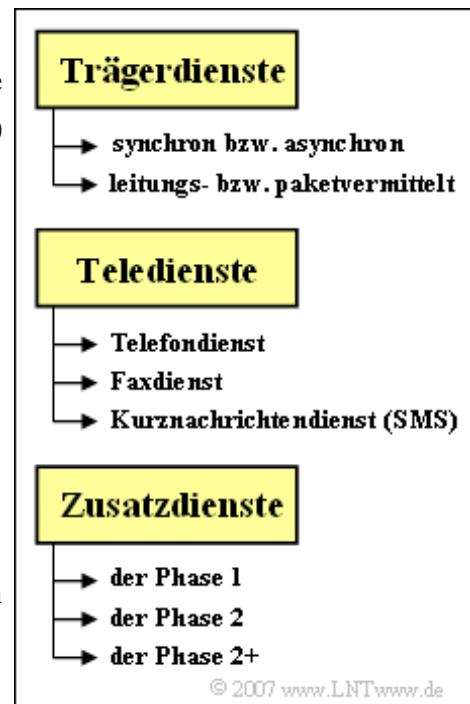
Teledienste sind Ende-zu-Ende-Dienste. Die wichtigsten davon sind:

- der Telefondienst,
- der Faxdienst,
- der Kurznachrichtendienst.

Zu jeder Phase der GSM-Entwicklung gehören verschiedene Zusatzdienste:

- Anrufanzeige, Rufumleitung und Rufnummernanzeige in der Phase 1,
- Anklopfen (*Call Waiting*), Halten (*Hold*) und Konferenzschaltung (*CONF*) in der Phase 2,
- *General Packet Radio Service* (GPRS), *High Speed Circuit-Switched Data* (HSCSD) und *Enhanced Data Rates for GSM Evolution* in der Phase 2+.

**Hinweis:** Die Aufgabe bezieht sich auf das **Kapitel 3.1**.



### Fragebogen zu "A3.2: GSM–Dienste"

a) Welche der GSM–Dienste bilden die Grundlage für die Datenübertragung?

- Trägerdienste,
- Teledienste,
- Zusatzdienste.

b) Wie hoch ist die maximale Datenrate für die GSM–Datenübertragung?

- 2.4 kbit/s.
- 7.8 kbit/s,
- 9.6 kbit/s.

c) Welche Aussagen sind für die Teledienste zutreffend?

- Die Teledienste sind Ende–zu–Ende–Dienste.
- Man unterscheidet synchrone und asynchrone Teledienste.
- Beispiele sind der Telefon–, der Fax– und der SMS–Dienst.

d) Welche Zusatzdienste entstammen der GSM–Phase 2?

- Rufumleitung (*Call Forwarding*),
- Anklopfen (*Call Waiting*),
- General Packet Radio Service* (GPRS),
- Konferenzschaltung (CONF).

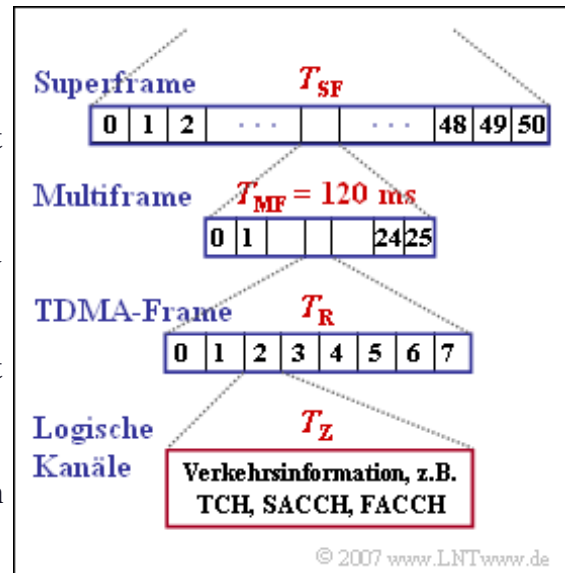
e) Welche Technik wird bei *High Speed Circuit–Switched Data* verwendet?

- paketvermittelt,
- leitungsvermittelt,
- durchschaltevermittelt.

### A3.3: GSM–Rahmenstruktur

Bei GSM ist folgende Rahmenstruktur spezifiziert:

- Ein Superframe besteht aus 51 Multiframes und hat die Zeitdauer  $T_{SF}$ .
- Jeder Multiframe hat 26 TDMA–Rahmen und dauert insgesamt  $T_{MF} = 120\text{ ms}$ .
- Jeder TDMA–Rahmen hat die Dauer  $T_R$  und ist eine Abfolge von 8 Zeitschlitz mit Dauer  $T_Z$ .
- In einem solchen Zeitschlitz wird zum Beispiel ein *Normal Burst* mit 156.25 Bit übertragen.
- Davon sind jedoch nur 114 Datenbits. Weitere Bits werden benötigt für Guard Period, Signalisierung, Synchronisation und Kanalschätzung.
- Weiter ist bei der Berechnung der Netto–Datenrate zu berücksichtigen, dass die logischen Kanäle SACCH und IDLE insgesamt 1.9 kbit/s benötigen.



Anzumerken ist, dass es neben der beschriebenen Multiframe–Struktur mit 26 TDMA–Rahmen auch Multiframes mit jeweils 51 TDMA–Rahmen gibt, die jedoch fast ausschließlich zur Übertragung von Signalisierungsinformation benutzt werden.

**Hinweis:** Diese Aufgabe bezieht sich auf das **Kapitel 3.2**.

**Fragebogen zu "A3.3: GSM–Rahmenstruktur"**

a) Wie lange dauert ein Superframe?	$T_{SF} =$	s
b) Welche Dauer hat ein TDMA–Rahmen?	$T_R =$	ms
c) Wie lange dauert ein Zeitschlitz?	$T_Z =$	$\mu$ s
d) Nach welcher Zeit $\Delta T_Z$ bekommt ein Benutzer Zeitschlitz zugewiesen?	$\Delta T_Z =$	ms
e) Wie groß ist die Bitdauer?	$T_B =$	$\mu$ s
f) Wie groß ist die Gesamtbitrate des GSM?	$R_B =$	kbit/s
g) Wie groß ist die Brutto–Datenrate eines Benutzers?	$R_{Brutto} =$	kbit/s
h) Wie groß ist die Netto–Datenrate eines Benutzers?	$R_{Netto} =$	kbit/s

### Z3.3: GSM 900 und GSM 1800

Der seit 1992 in Europa etablierte Mobilfunkstandard GSM (Global System for Mobile Communications) nutzt Frequenz- und Zeitmultiplex, um mehreren Nutzern die Kommunikation in einer Zelle zu ermöglichen.

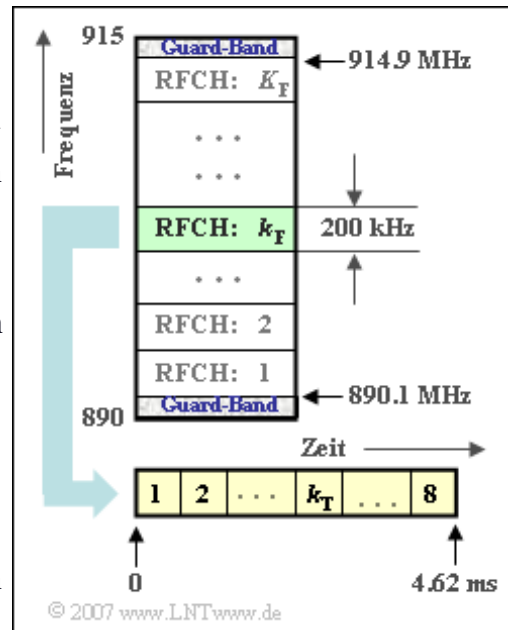
Nachfolgend sind wichtige Kenngrößen des in der Grafik dargestellten Systems GSM 900 in etwas vereinfachter Form angegeben.

- Das Frequenzband des Uplinks (die Verbindung von der Mobil- zur Basisstation) liegt zwischen 890 und 915 MHz.
- Unter Berücksichtigung der Guard-Bänder an den beiden Enden steht somit für den Uplink eine Gesamtbandbreite von 24.8 MHz zur Verfügung.
- Dieses Band wird von insgesamt  $K_F$  Teilkanälen (Radio Frequency Channels) genutzt, die mit jeweiligem Frequenzabstand 200 kHz nebeneinander liegen. Die Nummerierung geschieht mit der Laufvariablen  $k_F$ .
- Der Frequenzbereich für den Downlink (die Verbindung von der Basis- zur Mobilstation) liegt um den Duplexabstand 45 MHz oberhalb des Uplinks und ist ansonsten in gleicher Weise wie dieser aufgebaut.
- Jeder dieser FDMA-Teilkanäle wird gleichzeitig von  $K_T = 8$  Teilnehmern im Zeitmultiplex (*Time Division Multiple Access*, TDMA) genutzt.

Das System GSM 1800 ist in ähnlicher Weise aufgebaut, jedoch mit folgenden Unterschieden:

- Der Frequenzbereich des Uplinks liegt zwischen 1710 MHz und 1785 MHz.
- Der Duplexabstand beträgt 95 MHz.

**Hinweis:** Diese Aufgabe bezieht sich auf das **Kapitel 3.2**.



### Fragebogen zu "Z3.3: GSM 900 und GSM 1800"

a) Wieviele Teilkanäle entstehen beim GSM 900 durch Frequenzmultiplex?

$$K_F (\text{GSM 900}) =$$

b) Wieviele Frequenzkanäle gibt es beim GSM 1800?

$$K_F (\text{GSM 1800}) =$$

c) Welche Mittenfrequenz benutzt der Frequenzkanal mit der Nummer  $k_F = 200$  im Downlink des GSM 1800?

$$f_M (\text{GSM 1800, Downlink, } k_F = 200) = \text{ MHz}$$

d) Wieviele Teilnehmer  $K$  können beim GSM 1800 gleichzeitig aktiv sein?

$$K (\text{GSM 1800}) =$$

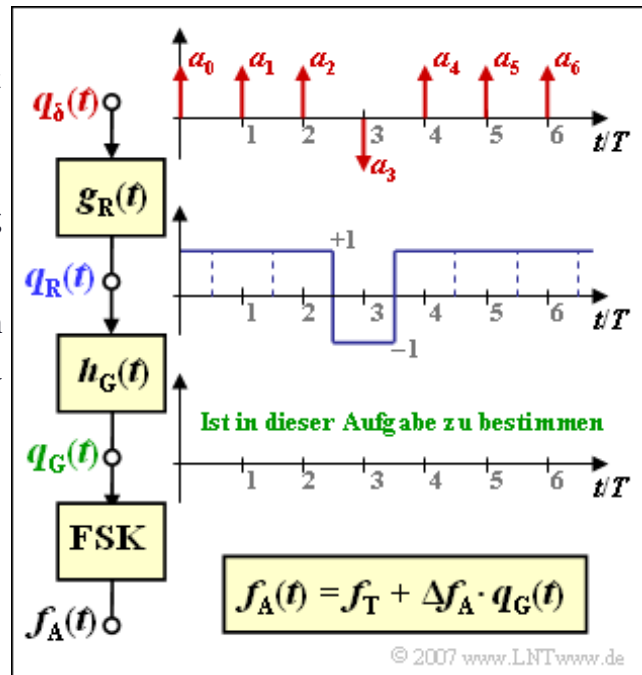


### A3.4: GMSK–Modulation

Das bei GSM eingesetzte Modulationsverfahren ist bekanntlich **Gaussian Minimum Shift Keying**, abgekürzt GMSK. Dabei handelt es sich um eine Art von FSK mit kontinuierlicher Phasenanpassung (CP–FSK), bei der

- der Modulationsindex kleinstmöglich ist, um die Orthogonalitätsbedingung noch zu erfüllen ( $h = 0.5$ : „Minimum Shift Keying“),
- ein Gaußtiefpass mit Impulsantwort  $h_G(t)$  vor dem FSK–Modulator eingebracht ist, um noch weiter Bandbreite einzusparen.

Das Bild verdeutlicht den Sachverhalt.



Die digitale Nachricht wird durch die Amplitudenkoeffizienten  $a_\nu \in \pm 1$  repräsentiert, die einem Diracpuls beaufschlagt sind. Anzumerken ist, dass die eingezeichnete Folge für die Teilaufgabe d) vorausgesetzt wird.

Der Rechteckimpuls sei dimensionslos, symmetrisch und besitze die GSM–Bitdauer  $T_B = T$ :

$$g_R(t) = \begin{cases} 1 & \text{für } |t| < T/2, \\ 0 & \text{für } |t| > T/2. \end{cases}$$

Damit ergibt sich für das Rechtecksignal:

$$q_R(t) = q_d(t) \star g_R(t) = \sum_{\nu} a_\nu \cdot g_R(t - \nu \cdot T).$$

Der Gaußtiefpass ist durch Frequenzgang bzw. Impulsantwort gegeben:

$$H_G(f) = e^{-\pi \cdot (\frac{f}{2f_G})^2} \quad \bullet \text{---} \circ \quad h_G(t) = 2f_G \cdot e^{-\pi \cdot (2f_G \cdot t)^2},$$

wobei die systemtheoretische Grenzfrequenz  $f_G$  verwendet wird. In der GSM–Spezifikation wird aber die 3dB–Grenzfrequenz mit  $f_{3dB} = 0.3/T$  angegeben. Daraus kann  $f_G$  direkt berechnet werden.

Das Signal nach dem Gaußtiefpass lautet somit:

$$q_G(t) = q_R(t) \star h_G(t) = \sum_{\nu} a_\nu \cdot g(t - \nu \cdot T).$$

Hierbei wird  $g(t)$  als Frequenzimpuls bezeichnet. Für diesen gilt:

$$g(t) = q_R(t) \star h_G(t).$$

Mit dem tiefpassgefilterten Signal  $q_G(t)$ , der Trägerfrequenz  $f_T$  und dem Frequenzhub  $\Delta f_A$  kann somit für die Augenblicksfrequenz am Ausgang des FSK–Modulators geschrieben werden:

$$f_A(t) = f_T + \Delta f_A \cdot q_G(t).$$

Verwenden Sie für Ihre Berechnungen die beispielhaften Werte  $f_T = 900$  MHz und  $\Delta f_A = 68$  kHz.

**Hinweis:** Die Aufgabe bezieht sich auf das **Kapitel 3.2**. Verwenden Sie zur Lösung dieser Aufgabe das Gaußintegral:

$$\Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \int_{-\infty}^x e^{-u^2/2} du.$$

Insbesondere gilt:

<b><math>x</math></b>	<b>0</b>	<b>1.12</b>	<b>2.24</b>	<b>3.36</b>
<b><math>\phi(x)</math></b>	<b>0.500</b>	<b>0.868</b>	<b>0.987</b>	<b>0.999</b>
<b><math>\phi(-x)</math></b>	<b>0.500</b>	<b>0.132</b>	<b>0.013</b>	<b>0.001</b>

© 2007 www.LNTwww.de

### Fragebogen zu "A3.4: GMSK-Modulation"

a) In welchem Bereich kann die Augenblicksfrequenz  $f_A(t)$  schwanken? Welche Voraussetzungen müssen dafür erfüllt sein?

$$\text{Max } [f_A(t)] = \quad \text{MHz}$$

$$\text{Min } [f_A(t)] = \quad \text{MHz}$$

b) Welche systemtheoretische Grenzfrequenz des Gaußtieffpasses ergibt sich aus der Forderung  $f_{3\text{dB}} \cdot T = 0.3$ ?

$$f_G \cdot T =$$

c) Berechnen Sie den Frequenzimpuls  $g(t)$  unter Verwendung der Funktion  $\square(x)$ . Wie groß ist der Impulswert  $g(t = 0)$ ?

$$g(t = 0) =$$

d) Welcher Wert ergibt sich für  $q_G(t = 3T)$ , wenn alle Koeffizienten außer  $a_3 = -1$  weiterhin  $a_{v \neq 3} = +1$  sind? Wie groß ist hier  $f_A(t = 3T)$ ?

$$q_G(t = 3T) =$$

e) Berechnen Sie die Impulswerte  $g(t = \pm T)$ .

$$g(t = \pm T) =$$

f) Wie groß ist der maximale Betrag von  $q_G(t)$  bei alternierenden Koeffizienten? Berücksichtigen Sie, dass  $g(t \geq 2T) \approx 0$  ist.

$$\text{Max } [|q_G(t)|] =$$

### Z3.4: Continuous Phase FSK

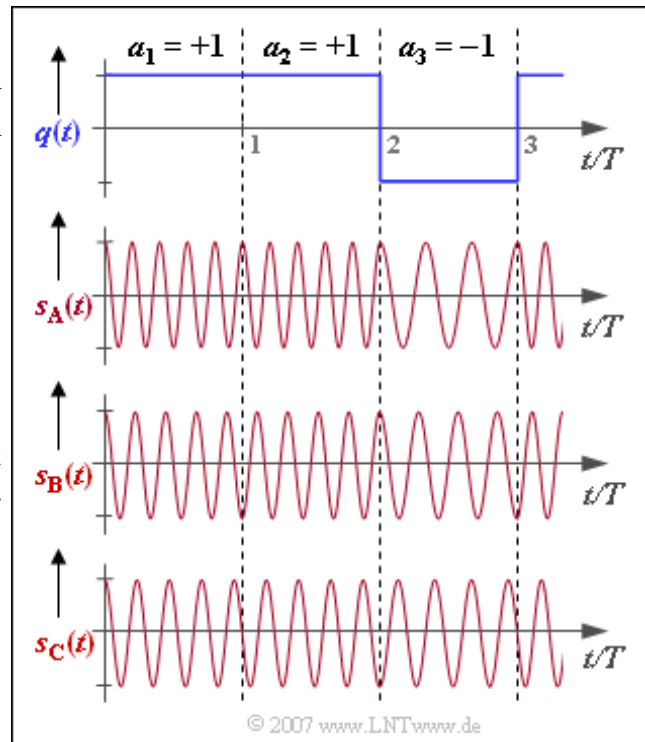
Die Grafik zeigt drei FSK-Sendesignale, die sich hinsichtlich Frequenzhub  $\Delta f_A$  und somit auch durch ihren Modulationsindex

$$h = 2 \cdot \Delta f_A \cdot T$$

unterscheiden. Das digitale Quellensignal  $q(t)$ , das den Signalen  $s_A(t)$ ,  $s_B(t)$  und  $s_C(t)$  zugrundeliegt, ist oben dargestellt. Alle betrachteten Signale sind auf die Amplitude 1 und die Zeitdauer  $T$  normiert und basieren auf einem Cosinusträger mit der Frequenz  $f_T$ .

Bei binärer FSK (*Binary Frequency Shift Keying*) treten bitweise nur zwei verschiedene Frequenzen

- $f_1$  (falls  $a_v = +1$ ) und
- $f_2$  (falls  $a_v = -1$ )



auf. Ist der Modulationsindex kein Vielfaches von 2, so ist eine kontinuierliche Phasen Anpassung erforderlich, um Phasensprünge zu vermeiden.

Ein wichtiger Sonderfall stellt die binäre FSK mit dem Modulationsindex  $h = 0.5$  dar, die auch als **Minimum Shift Keying** (MSK) bezeichnet wird. Diese wird in dieser Aufgabe eingehend behandelt.

**Hinweis:** Diese Aufgabe gehört zum **Kapitel 3.2**. Die hier behandelte Thematik findet sich in dem nachfolgend aufgeführten Interaktionsmodul:

**Frequency Shift Keying und CPM**

### Fragebogen zu "Z3.4: Continuous Phase FSK"

a) Welche Aussagen treffen für die FSK und speziell für die MSK zu?

- Die FSK ist i. a. ein nichtlineares Modulationsverfahren.
- Die MSK ist als Offset-QPSK realisierbar und damit linear.
- Es ergibt sich die gleiche Bitfehlerrate wie für die QPSK.
- Eine Bandbegrenzung ist weniger störend als bei QPSK.
- Die MSK-Hüllkurve ist auch bei Spektralförmung konstant.

b) Welche Frequenzen  $f_1$  (für Amplitudenkoeffizient  $a_v = +1$ ) und  $f_2$  (für  $a_v = -1$ ) beinhaltet das Signal  $s_A(t)$ ?

**Signal  $s_A(t)$ :  $f_1 \cdot T =$**

**Signal  $s_A(t)$ :  $f_2 \cdot T =$**

c) Wie groß sind beim Signal  $s_A(t)$  die Trägerfrequenz  $f_T$ , der Frequenzhub  $\Delta f_A$  und der Modulationsindex  $h$ ?

**Signal  $s_A(t)$ :  $f_T \cdot T =$**

**Signal  $s_A(t)$ :  $\Delta f_A \cdot T =$**

**Signal  $s_A(t)$ :  $h =$**

d) Wie groß ist der Modulationsindex beim Signal  $s_B(t)$ ?

**Signal  $s_B(t)$ :  $h =$**

e) Wie groß ist der Modulationsindex beim Signal  $s_C(t)$ ?

**Signal  $s_C(t)$ :  $h =$**

f) Bei welchen Signalen war eine Phasenanpassung erforderlich?

- $s_A(t)$ ,
- $s_B(t)$ ,
- $s_C(t)$ .

g) Welches Signal beschreibt Minimum Shift Keying (MSK)?

- $s_A(t)$ ,
- $s_B(t)$ ,

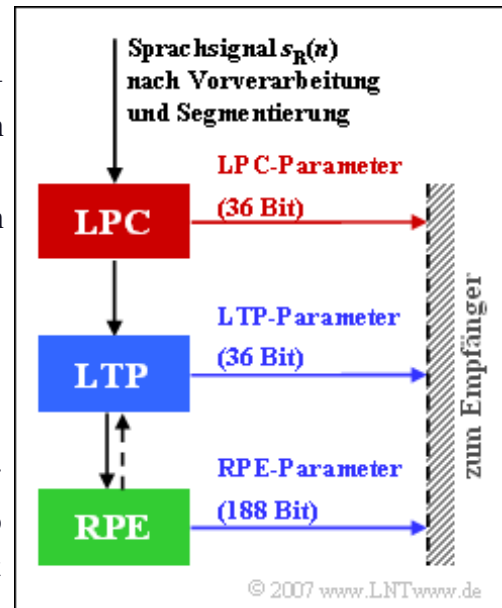
$s_C(t)$ .

### A3.5: GSM–Vollraten–Sprachcodec

Dieser 1991 für das GSM–System standardisierte Codec – dieses Kunstwort steht für eine gemeinsame Realisierung von Coder und Decoder – mit der englischen Bezeichnung „**GSM Fullrate Vocoder**“ kombiniert drei verschiedene Methoden der Sprachsignalkompression:

- Linear Predictive Coding (LPC),
- Long Term Prediction (LTP) und
- Regular Pulse Excitation (RPE).

Die in der Grafik angegebenen Zahlen geben die Anzahl der Bits an, die von den drei Einheiten dieses Sprachcodecs pro Rahmen (20 ms Dauer) generiert werden. Anzumerken ist dabei, dass LTP und RPE nicht rahmenweise, sondern mit Unterblöcken von 5 Millisekunden arbeiten. Dies hat jedoch keinen Einfluss auf die Lösung der Aufgabe.



Das Eingangssignal in obiger Grafik ist das digitalisierte Sprachsignal  $s_R(n)$ . Dieses entsteht aus dem analogen Sprachsignal  $s(t)$  durch

- eine geeignete Begrenzung auf die Bandbreite  $B$ ,
- Abtastung mit der Abtastrate  $f_A = 8$  kHz,
- Quantisierung mit 13 Bit und
- anschließender Segmentierung in Blöcke zu je 20 ms.

Auf die weiteren Aufgaben der Vorverarbeitung soll hier nicht näher eingegangen werden.

**Hinweis:** Diese Aufgabe gehört zum Themengebiet „Sprachcodierung“ im Kapitel 3.3.

### Fragebogen zu "A3.5: GSM–Vollraten–Sprachcodec"

a) Auf welche Bandbreite muss das Sprachsignal begrenzt werden?

$$B = \quad \text{kHz}$$

b) Aus wievielen Abtastwerten ( $N_R$ ) besteht ein Sprachrahmen? Wie groß ist die Eingangsdatenrate  $R_{In}$ ?

$$N_R =$$

$$R_{In} = \quad \text{kbit/s}$$

c) Wie groß ist die Ausgangsdatenrate  $R_{Out}$  des GSM-Vollraten-Codecs?

$$R_{Out} = \quad \text{kbit/s}$$

d) Welche Aussagen treffen hinsichtlich des Blocks „LPC“ zu?

- LPC macht eine Kurzzeitprädiktion über eine Millisekunde.
- Die 36 LPC-Bits sind Filterkoeffizienten, die beim Empfänger genutzt werden, um die LPC-Filterung rückgängig zu machen.
- Das Filter zur Langzeitprädiktion ist rekursiv.
- Der LPC-Ausgang ist identisch mit seinem Eingang  $s_R(t)$ .

e) Welche Aussagen sind hinsichtlich des Blocks „LTP“ zutreffend?

- Es werden periodische Strukturen des Sprachsignals entfernt.
- Die Langzeitprädiktion wird pro Rahmen einmal durchgeführt.
- Das Gedächtnis des LTP-Prädiktors beträgt bis zu 15 ms.

f) Welche Aussagen treffen für den Block „RPE“ zu?

- RPE liefert weniger Informationen als LPC und LTP.
- RPE entfernt für den subjektiven Eindruck unwichtige Anteile.
- RPE unterteilt jeden Subblock nochmals in vier Teilfolgen.
- RPE wählt davon die Teilfolge mit der minimalen Energie aus.



### A3.6: Adaptive Multi-Rate Codec

Ende der 90er Jahre wurde mit dem AMR-Codec ein sehr flexibler, adaptiver Sprachcodec entwickelt und standardisiert. Dieser stellt insgesamt 8 verschiedene Modi mit Datenraten zwischen 4.75 kbit/s und 12.2 kbit/s zur Verfügung.

Der AMR-Codec beinhaltet wie der Vollraten-Codec (FRC) – siehe Aufgabe A3.5 – sowohl eine Kurzzeitprädiktion (LPC) als auch eine Langzeitprädiktion (LTP). Allerdings sind diese beiden Komponenten anders realisiert als beim FRC.

Der wesentliche Unterschied von AMR gegenüber FRC stellt aber die Codierung des Restsignals (nach LPC und LTP) dar. Anstelle von

„Regular Pulse Excitation“ (RPE) wird beim AMR-Code das Verfahren „Algebraic Code Excitation Linear Prediction“ (ACELP) angewendet. Aus dem festen Codebuch (FCB) wird für jeden Unterrahmen (5 ms) derjenige FCB-Puls und diejenige FCB-Verstärkung ausgewählt, die am besten zum Restsignal passt, das heißt, für die der mittlere quadratische Fehler des Differenzsignals minimal wird.

Jeder Eintrag im festen Codebuch kennzeichnet einen Puls, bei dem genau 10 der 40 Positionen mit +1 bzw. -1 belegt sind. Hierzu ist zu bemerken:

- Der Puls ist in fünf Spuren mit jeweils acht möglichen Positionen aufgeteilt, wobei die Spur 1 die Positionen 1, 6, ... , 36 des Unterrahmens und Spur 5 die Positionen 5, 10, ... , 40 beschreibt.
- In jeder Spur sind genau zwei Werte +1 oder -1, während alle anderen sechs Werte 0 sind. Die beiden ±1-Positionen werden mit je drei Bit – also mit „000“, ... , „111“ – codiert.
- Für das Vorzeichen des erstgenannten Pulses wird ein weiteres Bit verwendet, wobei eine „1“ ein positives Vorzeichen und eine „0“ ein negatives kennzeichnet.
- Ist die Pulsposition des zweiten Impulses größer als die des ersten Impulses, so hat der zweite Impuls das gleiche Vorzeichen wie der erste, ansonsten das umgekehrte.
- Zum Empfänger werden somit pro Spur sieben Bit übertragen, außerdem noch fünf Bit für die FCB-Verstärkung.

In der Grafik sind die 35 Bits zur Beschreibung eines FCB-Pulses beispielhaft angegeben. In der ersten Spur erkennt man einen positiven Impuls (VZ = 1) bei

$$1 \text{ (erste mögliche Position für Spur 1)} + 0 \text{ (Bitangabe 000)} = 1$$

und einen weiteren positiven Impuls (110 > 000) bei der Position

$$1 + 5 \text{ (Pulsabstand in jeder Spur)} \cdot 6 \text{ (Bitangabe 110)} = 31.$$

Die Spur 2 beinhaltet einen negativen Impuls (VZ = 0) bei

$$2 \text{ (erste mögliche Position für Spur 2)} + 5 \cdot 4 \text{ (Bitangabe 100)} = 22.$$

Da 011 < 100 ist, hat der Impuls bei der Position 2 + 5 · 3 (Bitangabe 011) = 17 das umgekehrte Vorzeichen, ist also positiv. Die Angaben zu den Spuren 3, 4 und 5 sollen in den Teilfragen ab d) von Ihnen interpretiert werden.

**Hinweis:** Diese Aufgabe bezieht sich auf das **Kapitel 3.3**.

	Pos 1	Pos 2	VZ
Spur 1:	000	110	1
Spur 2:	100	011	0
Spur 3:	001	011	0
Spur 4:	111	010	1
Spur 5:	101	000	0

© 2007 www.LNTwww.de

**Eingabe der Pulspositionen für die Aufgaben d), e), f):** Man müsste zum Beispiel für Spur 2 die Werte „-22“ und „+17“ eintragen.  $N_1$  bezeichnet das erste Bit-Tripel und  $N_2$  das zweite.

### Fragebogen zu "A3.6: Adaptive Multi-Rate Codec"

a) Wie viele Bit beschreiben einen Sprachrahmen (der Dauer 20 ms) im 12.2 kbit/s-Modus?

$$N_{12.2} = \quad \text{Bit}$$

b) Wie viele Bit werden für FCB-Puls und -Verstärkung pro Rahmen benötigt?

$$N_{\text{FCB}} = \quad \text{Bit}$$

c) Wie viele Bit verbleiben somit für LPC und LTP?

$$N_{\text{LPC/LTP}} = \quad \text{Bit}$$

d) Welche Impulspositionen des Unterrahmens und Vorzeichen beschreibt die Spur 3? Beachten Sie die Hinweise zur Eingabe auf der Angabenseite.

$$\text{Spur 3 : } N_1 =$$

$$\text{Spur 3 : } N_2 =$$

e) Welche Impulspositionen inklusive Vorzeichen beschreiben die Spur 4?

$$\text{Spur 4 : } N_1 =$$

$$\text{Spur 4 : } N_2 =$$

f) Welche Impulspositionen inklusive Vorzeichen beschreiben die Spur 5?

$$\text{Spur 5 : } N_1 =$$

$$\text{Spur 5 : } N_2 =$$

### A3.7: Komponenten des GSM-Systems

Die Grafik zeigt die gesamte Übertragungsstrecke des GSM, im linken Teil den Sender, im rechten den Empfänger.

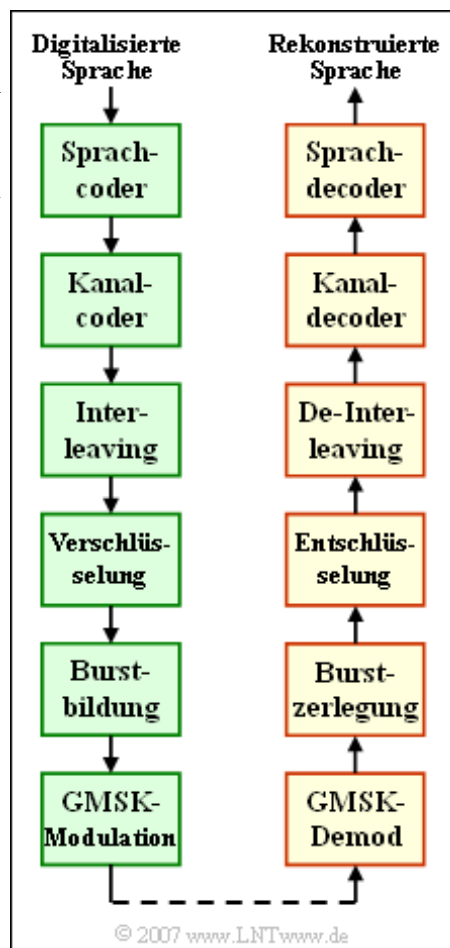
Die Darstellung bezieht sich allein auf die Sprachübertragung. Bei der GSM-Datenübertragung wird nur der jeweils oberste Block (Sprachcoder bzw. -decoder) durch einen weiteren Kanalcoder bzw. -decoder ersetzt (Verkettung zweier Kanalcodes).

Die beiden jeweils untersten Systemkomponenten wurden bereits in den Aufgaben zu Kapitel 3.2 ausführlich behandelt. In dieser Aufgabe werden dagegen einige grundlegende Eigenschaften von

- Sprachcoder und Sprachdecoder,
- Faltungscodierer und Faltungsdecoder,
- Interleaver und De-Interleaver sowie
- Verschlüsselung und Entschlüsselung

behandelt.

**Hinweis:** Diese Aufgabe bezieht sich auf das **Kapitel 3.4**.



### Fragebogen zu "A3.7: Komponenten des GSM-Systems"

a) Welche Aussagen treffen für die Sprachcodierung bzw. –decodierung zu?

- Es handelt sich um Komponenten der Quellencodierung.
- Es handelt sich um Komponenten der Kanalcodierung.
- Durch den Sprachcoder wird Redundanz hinzugefügt.
- Durch den Sprachcoder wird Redundanz entfernt.

b) Welche Aussagen treffen für den Faltungscodierer bzw. –decodierer zu?

- Es handelt sich um Komponenten der Quellencodierung.
- Es handelt sich um Komponenten der Kanalcodierung.
- Durch den Faltungscodierer wird Redundanz hinzugefügt.
- Durch den Faltungscodierer wird Redundanz entfernt.

c) Welche Aussagen treffen für den Interleaver und De-Interleaver zu?

- Der Interleaver fügt Redundanz hinzu.
- Der Interleaver dient dazu, Bündelfehler zu verteilen.
- Der Interleaver hat für den AWGN-Kanal die größte Bedeutung.

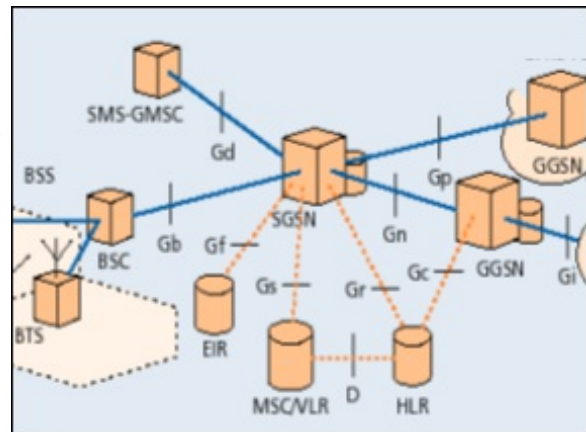
d) Welche Aussagen treffen für Verschlüsselung und Entschlüsselung zu?

- Beide dienen der Datensicherheit im Sinne von Datenschutz.
- Diese Komponenten dienen der Fehlerkorrektur.
- Die Verschlüsselung fügt Redundanz hinzu.
- GSM verwendet meist eine symmetrische Verschlüsselung.

### A3.8: General Packet Radio Service

In der „GSM-Phase 2+“ wurde zur Verbesserung der Datendienste die GSM-Erweiterung **GPRS** entwickelt und standardisiert. Diese

- unterstützt mehrere Übertragungsprotokolle,
- bietet paketorientierte Datenübertragung an,
- erlaubt es Nutzer, mit fremden Datennetzen (Beispiel: Internet) zu kommunizieren.



Ein GPRS-Mobilfunkteilnehmer profitiert von kürzeren Zugriffszeiten und der höheren Datenrate gegenüber der Datenübertragung im herkömmlichen GSM oder bei HSCSD, das ebenfalls in der Phase 2+ entstanden ist.

Vor der Einführung von GPRS waren einige Modifikationen und Ergänzungen im GSM-Netz notwendig:

- Um GPRS-Anwendungen in die bestehende GSM-Systemarchitektur integrieren zu können, mussten *Serving GPRS Support Nodes* (SGSN) und *Gateway GPRS Support Nodes* (GGSN) implementiert werden (siehe Grafik).
- Bei GPRS können bis zu acht Zeitschlitzte miteinander kombiniert werden („Multislot Capability“). Außerdem sind vier Codierschemata mit unterschiedlichen Datenraten definiert, die als CS-1 (mit 9.05 kbit/s), ... , CS-4 (mit 21.4 kbit/s) bezeichnet werden.
- Zur Faltungscodierung wird ein Code der Rate 1/2 benutzt, der die 294 Bits auf 588 Bits verdoppelt. Durch die Punktierung von 132 Bits kommt man schließlich zu Bursts der Länge 456 Bit. Unter Berücksichtigung der Rahmendauer von 20 ms resultiert daraus die Bitrate 22.8 kbit/s.
- Ein GPRS-Handy führt beim Einschalten als erstes eine so genannte „Cell Selection“ durch. Wird dabei ein Frequenzkanal mit GPRS-Daten gefunden, dann kann auf die GPRS-Dienste je nach Handyklasse zugegriffen werden.
- Man unterscheidet zwischen drei Klassen von Endgeräten. Ein Handy der Klasse C muss manuell auf GPRS-Dienste umgestellt werden. Dagegen geschieht die Umschaltung zwischen GPRS und GSM bei Klasse A und B automatisch und dynamisch.

**Hinweis:** Diese Aufgabe bezieht sich auf das **Kapitel 3.5**. Die obige Grafik ist dem Beitrag [BVE99] entnommen. Wir bedanken uns bei den Autoren für die Freigabe.

**Fragebogen zu "A3.8: General Packet Radio Service"**

a) Wie kann die GPRS–Datenübertragung charakterisiert werden?

- leitungsvermittelt,
- paketvermittelt,
- durchschaltevermittelt.

b) Welche Netzknoten waren zur Integration von GPRS in die bestehende GSM–Systemarchitektur erforderlich?

- GGSN,
- GMSC,
- SGSN,
- SMSS.

c) Wie können die GPRS–Dienste eingestellt werden?

- Durch Durchführung der Prozedur „Cell Selection“.
- Die Umschaltung hängt von der Handy-Klasse ab.
- Alle Handys schalten dynamisch zwischen GSM/GPRS um.

d) Welche Vorteile bietet GPRS gegenüber GSM?

- Bei GPRS kann man bis zu 8 Zeitschlitzte kombinieren.
- Der physikalische Kanal bleibt für die Rufdauer reserviert.
- Uplink und Downlink werden separat zugewiesen.

e) Wie groß ist theoretisch die maximale GPRS–Bitrate?

$$R_B = \text{ kbit/s}$$

f) Wie groß ist die resultierende GPRS–Rate (Faltungscodierung + Punktierung)?

$$R'_C =$$

g) Wie groß ist die Netto–Datenrate eines GPRS–Benutzers?

$$R_{\text{Netto}} = \text{ kbit/s}$$