Universität Bremen
Arbeitsbereich Nachrichtentechnik
Prof. Dr.-Ing. A. Dekorsy

Schriftliche Prüfung im Fach

Grundlagen der Nachrichtentechnik

Name: ____________________
Vorname: ____________________
Mat.-Nr.: ____________________
BSc. / Dipl.: ____________________

Zeit:	07. März 2015, 10.00 - 12.00 Uhr
Ort:	NW 1, H 1
Umfang:	6 Aufgaben

Aufgabe:	1	2	3	4	5	6	**gesamt**
Punkte:	(8)	(7)	(9)	(9)	(8)	(9)	**(50)**
erzielt:							

Hinweise:

- Als Hilfsmittel ist nur ein nicht programmierbarer Taschenrechner erlaubt!
- Zum Bestehen der Klausur müssen von den erreichbaren 50 Punkten mindestens 20 Punkte erreicht werden!
- Bitte schreiben Sie Ihren Namen und Ihre Matrikelnummer auf *jedes* abgegebene Blatt.

Aufgabe 1 (8 Punkte)

Beantworten Sie die folgenden Fragen stichpunktartig. Beachten Sie, dass die Unterpunkte (a) bis (e) unabhängig voneinander zu lösen sind.

(a) Wie lautet die Unschärferelation der Nachrichtentechnik? Welche fundamentale Aussage lässt sich anhand der Unschärferelation treffen?

(b) Wofür stellt die Kanalkapazität C eine obere Grenze da?

(c) Geben sie die Impulsantwort h(t) und den Frequenzgang $\mathrm{H}(j\omega)$ eines idealen, verzögerungsfreien Übertragungskanals an.

(d) Am Empfänger eines Übertragungssystems wird nach der Matched-Filterung ein Signal zu Rauschverhältnis von $\mathrm{SNR}|_{\mathrm{dB}} = 3$ dB gemessen. Die Rauschleistung beträgt dabei $\mathrm{N} = 100\mathrm{nW}$. Wie groß ist die empfangene Signalleistung S?

(e) Beschreiben Sie in Kürze, welche Eigenschaften einer Übertragung anhand des Augendiagramms abgelesen werden können.

Aufgabe 2 (7 Punkte)

Ein gedächtnisfreier Übertragungskanal enthält eine Nichtlinearität, sodass aus dem Eingangssignal $x(t)$ das Ausgangssignal

$$y(t) = 2x(t) + 0.5x^2(t)$$

entsteht.

(a) Berechnen Sie das Ausgangssignal $y(t)$ und das zugehörige Spektrum $Y(j\omega)$ für das Eingangssignal $x(t) = \sin(2t)$ und stellen Sie das Spektrum graphisch dar.

(b) Bestimmen Sie den Klirrfaktor des Übertragungskanals.

(c) Nun wird ein Rechteck- und ein Dreiecksignal über den Kanal geschickt. Skizzieren sie jeweils $y(t)$.

Achten Sie bei sämtlichen Skizzen auf eine vollständige Achsenbeschriftung!

Hinweise:
(Für die Bearbeitung der Aufgabe sind nicht zwingend alle Hinweise zu benutzen.)

$$\begin{aligned}
X(j\omega) &= \int_{-\infty}^{\infty} x(t)e^{-j\omega t}\, dt \\
x(t) &= \frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{\infty} X(j\omega)e^{j\omega t}\, d\omega \\
\Omega &= \omega T_A = 2\pi f T_A
\end{aligned}$$

Aufgabe 3 (10 Punkte)

Gegeben sei die Übertragungsstrecke in Abbildung 1. Es werden antipodale Symbole $d(i) \in \{\pm 1\}$ übertragen. $n(t)$ sei additives weißes Rauschen.

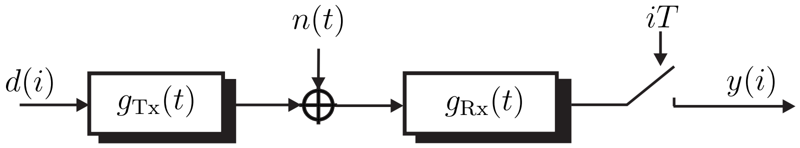

Abbildung 1: Übertragungssystem.

(a) Geben Sie die allgemeine Matched-Filter-Bedingung für ein beliebiges komplexes Sendefilter $g_{\mathrm{Tx}}(t)$ an. Welches Entwurfskriterium führt auf die Matched-Filter-Bedingung?

(b) Nun erfüllen $g_{\mathrm{Tx}}(t)$ und $g_{\mathrm{Rx}}(t)$ die Matched-Filter-Bedingung. Benennen Sie die Filter, wenn die Gesamtimpulsantwort $c(t) = g_{\mathrm{Tx}}(t) * g_{\mathrm{Rx}}(t)$ ein Cosinus Roll-off Filter sein soll.

(c) Berechnen Sie für den Fall b) $g_{\mathrm{Tx}}(t)$ und $g_{\mathrm{Rx}}(t)$ für den Rolloff-Faktor $r = 0$.

(d) Erläutern sie die 1.Nyquist-Bedingung. Erfüllen die einzelnen Filter $g_{\mathrm{Tx}}(t)$ und $g_{\mathrm{Rx}}(t)$ aus Aufgabenteil b) diese Bedingung? Erfüllt $c(t)$ die 1.Nyquist-Bedingung?

Achten Sie bei sämtlichen Skizzen auf eine vollständige Achsenbeschriftung!
Hinweise:
(Für die Bearbeitung der Aufgabe sind nicht zwingend alle Hinweise zu benutzen.)

$$\text{Cosinus Roll-off Filter: } g_{rc0}(t) = \frac{\sin(\pi t/T)}{\pi t/T} \cdot \frac{\cos(r\pi t/T)}{1-(2rt/T)^2}$$

$$r : \text{Roll-Off Faktor } 0 \leq r \leq 1$$

$$\mathcal{F}(\mathrm{rect}(t/T)) = T \cdot \mathrm{si}(\omega T/2)$$

$$\mathcal{F}(\omega_g/\pi \cdot \mathrm{si}(\omega_g t)) = \mathrm{rect}(\omega/(2\omega_g))$$

Aufgabe 4 (9 Punkte)

Es soll ein analoges sinusförmiges Signal der Frequenz $f = 50\text{Hz}$, Amplitude $A = 1$ und Periodendauer T digitalisiert werden.

(a) Zeichnen Sie das auf 3 Bit wertquantisierte Sinussignal einer Periode. Die 3 Bit sollen dabei in 2er-Komplement-Form benutzt werden, um den kompletten Wertebereich abzudecken. Ist das Signal ein digitales Signal?

(b) Wie hoch ist die Quantisierungsstufe Q? Zeichnen Sie die Wahrscheinlichkeitsdichte des Quantisierungs-Rauschens. Achten Sie auf gültige Achsenbeschriftungen!

(c) Das Signal soll nun zu den Zeitpunkten $t/T = 0.0, 0.2, \cdots, 1$ abgetastet werden. Durch ein Fehler im Systemaufbau entsteht ein konstanter Zeitversatz von $\tau = +1\text{ms}$ zum jeweils gewünschten Abtastzeitpunkt. Bestimmen Sie die tatsächlichen Abtastwerte, die nichtoptimalen Abtastwerte und die entstandenen Bitfehler (jeweils in 3 Bit) in folgender Tabelle.

t/T	0.0	0.2	0.4	0.6	0.8	1
$\mathbf{x}_{\text{opt}}(t/T)$						
$\mathbf{x}_{+1\text{ms}}(t/T)$						

(d) Wie wird sich die mittlere Bitfehleranzahl verändern, wenn das obige Signal bei gleicher Abtastfrequenz und gleichen Abtastzeitpunkten auf eine höhere Anzahl an Bits quantisiert wird?

Aufgabe 5 (8 Punkte)

Gegeben sind eine BPSK-Modulation nach Abbildung 2.1 und eine entsprechende BPSK-Modulation, die einen Gleichanteil (*Offset*) im Realteil nach Abbildung 2.2 enthält. Die Auftrittswahrscheinlichkeit der Symbole d_0 und d_1 in den jeweiligen Konstellationen ist gleich. Die optimale Entscheidungsschwelle S befindet sich demnach jeweils exakt in der Mitte der jeweiligen Symbole.

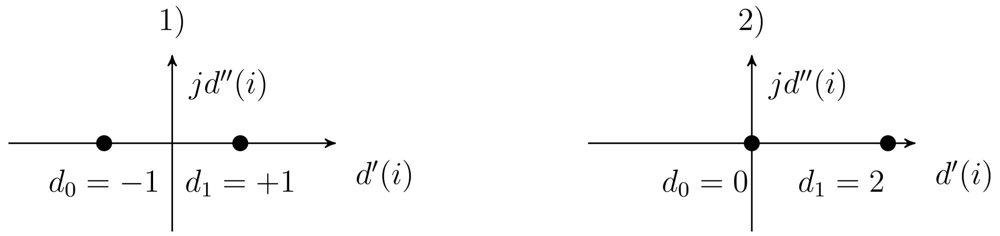

Abbildung 2: Verschiedene BPSK-Signalräume.

Auf dem Übertragungsweg überlagert sich Rauschen, welches sowohl im Real- als auch im Imaginärteil als gleichverteilt im Intervall $[-1.2, +1.2]$ anzunehmen ist.

(a) Bestimmen Sie für beide Signalraumkonstellationen jeweils die mittlere Symbolenergie $\bar{E}_\mathrm{S}$, wenn als Sendefilter ein Rechteckimpuls der Länge T und Amplitude $1/T$ verwendet wird.

Hinweis:

$$\bar{E}_\mathrm{S} = T^2 \cdot \mathrm{E}\left\{|d(i)|^2\right\} \int_{-\infty}^{\infty} |g_\mathrm{Tx}(t)|^2 dt \quad ; i = 0, 1$$

(b) Berechnen Sie die Bitfehlerwahrscheinlichkeit für die oben beschriebenen Modulationen. Welche der in (a) abgebildeten BPSK-Signalraumkonstellationen würden Sie für eine Übertragung wählen? Begründen Sie.

(c) Berechnen Sie die Bitfehlerwahrscheinlichkeit für den Fall ohne Offset (gemäß Abb. 2.1), wenn die Schwelle $S = 0.1$ gesetzt wird. Vergleichen Sie den Wert mit dem Ergebnis aus (b).

Aufgabe 6 (9 Punkte)

Gegeben sei der (7,4,3)-Hamming Code.

(a) Für den Hamming Code gilt $d_{\text{min}} = 3$. Wofür steht d_{min}?

(b) Stellen Sie graphisch an 2 gültigen Codewörtern im Coderaum dar, was bei der Dekodierung bei 1,2 und 3 Fehlern passiert.

(c) Worin unterscheiden sich Quellen- und Kanalkodierung? In welche der beiden Kategorie gehört der Hamming-Code?

Der Hamming-Code besitzt die Generatormatrix

$$\mathbf{G} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

und die Paritätsmatrix

$$\mathbf{H} = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

(d) Bestimmen Sie die Codewörter $\mathbf{x}_1$ und $\mathbf{x}_2$ für die beiden Informationswörter

1. $\mathbf{u}_1 = 1101$
2. $\mathbf{u}_2 = 1011$

Welche Hamming-Distanz besitzen die beiden Codewörter?

(e) Gegeben seien nun die Wörter

1. $\mathbf{x}_1 = 0001111$
2. $\mathbf{x}_2 = 1111110$

Sind dies gültige Codewörter des Hamming-Codes?