

Kommunikation und Datenhaltung Sommersemester 2009

1. K-Übungsblatt

Aufgabe 1: Paritätsbit, Digital-Analog-Wandlung

Ausgehend von einem analogen Signal wurden digitale Stichproben aufgezeichnet (siehe Tabelle 1). Das »Most Significant Bit« (MSB) befindet sich in der Tabelle links.

Stichproben- nummer	MSB	Paritätsbit	Digitaler Wert	Amplitude
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	0	0	1	0
4	0	0	0	0
5	0	0	0	1
6	0	0	0	0
7	0	0	0	1
8	0	0	1	0
9	0	0	0	0
10	0	0	0	0

Tabelle 1: Stichproben

- (a) Fügen Sie in der Tabelle 1 die Paritätsbits ein, so dass eine ungerade Bitparität entsteht.
- (b) Rekonstruieren Sie das analoge Signal anhand der gegebenen Gleichung

$$A = \frac{D \cdot 5}{100},$$

wobei A der Wert des analogen Signals und D der Wert der digital übermittelten Stichprobe ist. Stellen Sie das Signal als grafische Funktion dar.

- (c) Welche Arten von Fehlern lassen sich mit den Paritätsbits erkennen?

Aufgabe 2: Übertragungsverfahren und Umformung

Zwei Rechner sind über ein gemeinsames physikalisches Medium verbunden. Ein Rechner möchte die Bitfolge »1011001« an den anderen übertragen.

- (a) Bei der Basisbandübertragung muss ein primäres Signal an die Mediencharakteristik angepasst werden. In der Vorlesung wurde die *Manchesterkodierung* als ein mögliches einfaches Verfahren angegeben. Eine »1« wird hierbei durch einen Signalübergang vom hohen zum niedrigen Pegel in der Intervallmitte dargestellt und eine »0« durch einen entsprechenden Übergang vom niedrigen zum hohen Pegel. Damit können pro Bitintervall bis zu zwei Signalwechsel auftreten. Ferner wurden in der Vorlesung drei weitere Modulationsverfahren betrachtet: die Amplituden-, Frequenz- und Phasenmodulation.

Skizzieren Sie die Übertragung der obigen Bitfolge mittels des Manchesterverfahrens, bzw. der Amplituden-, Frequenz- und Phasenmodulation.

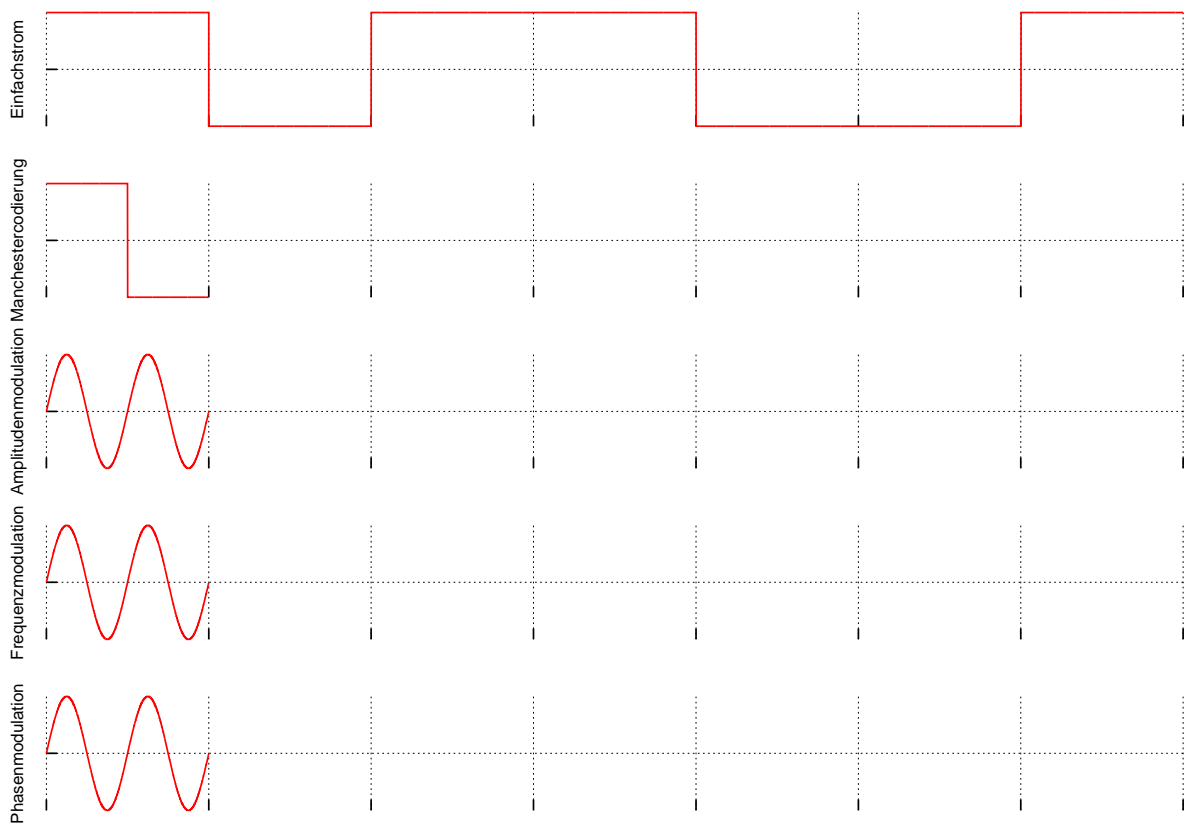


Abbildung 1: Übertragungsverfahren

Aufgabe 3: Kanalkapazität

Die zugesicherte Bandbreite eines analogen CCITT-Fernsprechkanals erstreckt sich von 300 Hz bis 3.400 Hz und der Signal-Rausch-Abstand (*Signal-Noise-Ratio*) des Kanals soll 42 dB betragen.

- (a) Wie hoch ist die maximal mögliche Schrittgeschwindigkeit (in baud)?

- (b) Welche maximale Datenrate (in bit/s) lässt sich über einen solchen Kanal realisieren?
- (c) Ein Modem, welches diesen Fernsprechkanal nutzt, muss das Eingangssignal in mehrere Signalstufen umformen. Wieviele Signalstufen sind zur Ausnutzung der maximalen Datenrate mindestens notwendig?
- (d) Wie hoch müsste der Signal-Rausch-Abstand sein, um eine Datenrate von 2 Mbit/s zu realisieren?
- (e) Wie viele Standard-Fernsprekkanäle könnten Sie gleichzeitig über das physikalische Medium transportieren, falls dieses eine Übertragungsrate von 2,048 Mbit/s bieten würde? Welche Technik würden Sie hierbei verwenden, um die »quasi gleichzeitige« Nutzung zu ermöglichen?
- (f) Die ITU Recommendation G.992.1 beschreibt ADSL (*Asymmetric Digital Subscriber Line*) Transceiver über Twisted Pair Kabel (ein Transceiver ist ein Sende-Empfangsgerät) und sieht dabei die Nutzung des Frequenzbandes bis 1 MHz vor. Die Frequenzbänder spalten sich bei gleichzeitiger Nutzung von ISDN folgendermaßen auf:

0 – 130 kHz ISDN

138 – 276 kHz DSL Upstream aufgeteilt in 32 Kanäle à 4,3125 kHz

276 – 1104 kHz DSL Downstream aufgeteilt in 192 Kanäle à 4,3125 kHz

Wie hoch ist die maximale Datenrate, bei Annahme eines gleichverteilten Signal-Rausch-Abstandes von 42 dB?

Aufgabe 4: Leitungskapazität, Sende- und Laufzeiten

Hinweise zu den folgenden Aufgabenteilen: Tera = 10^{12} (Abkürzung T), Giga = 10^9 (Abkürzung G), Mega = 10^6 (Abkürzung M), Kilo = 10^3 (Abkürzung k); die Ausbreitungsgeschwindigkeit betrage 200 000 km/s.

- (a) Wenn sich auf einer von ihnen betriebenen Übertragungsstrecke bei einer Datenrate von 1,25 Tbit pro Sekunde zu jeder Zeit 12,125 Gbyte auf dem Medium zwischen Sender und Empfänger befinden, wie weit sind Sender und Empfänger dann voneinander entfernt? Wie lautet die Bezeichnung für die angegebene Datenmenge, die sich gleichzeitig auf dem Medium befinden kann?
- (b) Geben Sie für das Medium aus Teilaufgabe (a) die gesamte Übertragungsdauer von 3 Tbyte Daten an (vom Beginn des Sendens auf der Senderseite bis zum vollständigen Empfang auf der Empfängerseite; vernachlässigen Sie sonstige Bearbeitungszeiten). Aus welchen beiden Hauptkomponenten setzt sich diese Gesamt-Übertragungsdauer zusammen und wie groß sind diese? Welche dieser Komponenten würde sich ändern, wenn Sender und Empfänger weiter voneinander entfernt wären, bzw. wenn die Datenrate verändert würde?
- (c) Gesetzt den Fall, Sie transportieren Daten zwischen dem Sender und Empfänger aus Teilaufgabe (a) mit der Eisenbahn. Diese lege eine Strecke mit durchschnittlich 90 km/h zurück. Wie viele CDs (jeweils 700 MByte fassend) müssten Sie in den Zug laden, um die gleiche Datenrate wie das angegebene Medium zu erzielen (hier darf die Ausbreitungsverzögerung des Vergleichsmediums vernachlässigt werden).

Aufgabe 5: Fehlererkennende Codes

Um Übertragungsfehler erkennen zu können, werden mit den Daten noch redundante Informationen gesendet. Eine Möglichkeit hierfür ist die Prüfsumme (*Frame Check Sequence, FCS*), eine durch Polynomdivision ermittelte Bitfolge fester Länge.

- (a) Zu übertragen seien die Daten 1001101001 (10 Bits). Als Prüfsumme soll das Polynom $x^5 + x^3 + x^2 + 1$ dienen. Berechnen Sie daraus die Prüfsumme und geben Sie die tatsächlich übertragenen Daten an.
- (b) Belegen Sie Ihr Ergebnis aus Teilaufgabe (a), indem Sie zum einen den Empfang der korrekt gesendeten Dateneinheit überprüfen und zum anderen einen Fehlerfall untersuchen.
- (c) Geben Sie schematisch eine Implementierung in Hardware für den Mechanismus aus Teilaufgabe (a) an und stellen Sie die entsprechende Verschaltung der Schieberegister für das angegebene Polynom dar.
- (d) Demonstrieren Sie die Berechnung der Prüfsumme durch Ihr Schieberegister aus Teilaufgabe (c) für die in (a) angegebenen Daten.

Aufgabe 6: Sequenznummern, Flusskontrolle

- (a) Simulieren Sie den Sliding-Window-Algorithmus für das Punkt-zu-Punkt-Medium aus Aufgabenteil 4 (a). Jede Dateneinheit führe Daten im Umfang von 1 kByte mit sich (vernachlässigen Sie an dieser Stelle jegliche Verwaltungsdaten in den Dateneinheiten, Rechenregeln wie in Aufgabe 4). Die maximale Lebenszeit einer Dateneinheit sei gleich der einfachen Laufzeit zwischen Sender und Empfänger, eine Sendewiederholung wird nach maximal 0,5 Sekunden durchgeführt und der Empfänger quittiert Dateneinheiten ebenfalls nach spätestens 0,5 Sekunden.

Wie viele Bits brauchen Sie mindestens für die Länge der Sequenznummer?

Hinweis: Geben Sie den Dateneinheiten Sequenznummern, nicht den einzelnen Bytes der Nutzdaten.

- (b) Sie möchten den Sliding-Window-Algorithmus (mit Go-Back-N-Verfahren) mit Sendekredit 4 und maximal 5 Sequenznummern ausführen. Die N -te Dateneinheit¹ $DT_N[S = i]$ enthält folglich $i = N \bmod 5$ in ihrem Sequenznummernfeld. Führen Sie ein Beispiel auf, bei dem der Algorithmus ein »unerwünschtes« Ergebnis liefert, d. h. ein Szenario, bei dem der Empfänger die fünfte Dateneinheit ($DT_5[S = 0]$) erwartet, aber die nullte Dateneinheit mittels $DT_0[S = 0]$ (die die gleiche Sequenznummer hat) entgegennimmt. Zeichnen Sie hierfür ein Weg-Zeit-Diagramm.

Hinweis: S = Sendesequenznummer, wie in der Vorlesung. Es treten keine Reihenfolgevertauschungen auf.

¹beginnend mit Dateneinheit 0

Aufgabe 7: ARQ-Verfahren, Auslastung, Leistungsbewertung

Zwei Kommunikationspartner tauschen über ein Übertragungsmedium miteinander Daten aus. Die Datenrate des Mediums betrage 6 Mbit/s und die Ausbreitungsverzögerung zwischen den Teilnehmern betrage 20 Millisekunden.

Die Datenübertragung soll durch den Einsatz von ARQ-Verfahren gesichert werden.

Hinweise: Verarbeitungszeiten sollen vernachlässigt werden. Es gelten die in Aufgabe 4 genannten Rechenhinweise. Es treten, soweit nicht anders erwähnt, keine Übertragungsfehler auf.

- (a) Wozu dienen ARQ-Verfahren und welche Diensteigenschaften können mit ihrer Hilfe erreicht werden?
- (b) Es soll eine Datenmenge von 2 MByte mit Hilfe des Stop-and-Wait-Verfahrens übertragen werden. Die maximale Größe einer Dateneinheit betrage 750 Byte. Wie lange dauert die gesamte Datenübertragung, von Beginn bis zum Zeitpunkt an dem der Sender sicher davon ausgehen kann, dass die Übertragung korrekt abgeschlossen wurde?
- (c) Welche Auslastung des Mediums wird in Teilaufgabe (b) erreicht?
- (d) Auf welchem Wege wird beim Go-back-N-Verfahren versucht, die Übertragung zu beschleunigen?
- (e) Berechnen Sie die Auslastung, die im gegebenen Beispiel aus Teilaufgabe (b) unter Verwendung des Go-back-N-Verfahrens erreicht wird, bei einer statischen Fenstergröße von 3 000 Byte und alternativ einer Größe von 120 000 Byte. Erläutern Sie den Einfluss der Fenstergröße.
- (f) Welche Auslastung erreicht das Szenario mit Stop-and-Wait aus Teilaufgabe (b), falls bei der Übertragung von Dateneinheiten eine Verlustwahrscheinlichkeit von 10% besteht und wie sieht die Situation bei 30% Verlustwahrscheinlichkeit aus?
- (g) Beschreiben Sie kurz, wodurch sich das Verfahren *Selective Reject* von *Go-back-N* unterscheidet.