

Übung 3

Abgabe: 29. November 2022

Aufgabe 3.1: Code Division Multiplexing (CDM) (1 + 0.5 + 1 = 2.5 Punkte)

In modernen Mobilfunknetzen wird teilweise Code Division Multiplex (CDM) als Mehrfachzugriffsverfahren eingesetzt. Bei CDM wird jedes Datenbit $x \in \{0, 1\}$ zur Übertragung mittels eines Spreizcodes $a = a_0 a_1 \cdots a_{m-1}$ mit $a_i \in \{-1, +1\}$ in eine Signalfolge übersetzt, wobei gilt:

x	gesendete Bitfolge
0	$a = a_0 a_1 \cdots a_{m-1}$
1	$-a = -a_0 - a_1 \cdots - a_{m-1}$

Es gibt also pro Spreizcode genau zwei Codeworte.

Zwei Mobilfunkgeräte kommunizieren über CDM mit einer Basisstation und nutzen dabei die orthogonalen Codes $a = 1, 1, -1, -1$ und $b = 1, -1, -1, 1$. Das erste Gerät sendet die Datenfolge 1, 1, 1 und das zweite die Datenbitfolge 0, 1, 0.

- a) Bestimmen Sie die *Signalfolgen, die die Geräte jeweils aussenden*.
- b) Bestimmen Sie ebenfalls die *Signalfolge, die bei der Basisstation ankommt*, wenn beide Geräte gleichzeitig mit dem Senden beginnen. Die Signallaufzeit und die Dämpfung der Übertragungsstrecke können Sie hierbei vernachlässigen.
- c) Welche *Probleme* ergeben sich bei unterschiedlichen *Laufzeiten* bzw. *Dämpfungen* zwischen beiden Geräten und der Basisstation?

Aufgabe 3.2: Bit Stuffing (1 + 1 + 1 + 1 = 4 Punkte)

Bei einer synchronen Datenübertragung werde als Rahmenbegrenzung (Flag) die Bitfolge 10001 verwendet. Gegeben seien folgende Nutzdaten: 1001 1000 0011 1010 1100 0100. Diese werden nun als Nutzlast innerhalb eines Rahmens übertragen.

- a) An *welchen Stellen* kommt es bei der Übertragung zu Problemen und *warum*?
- b) Wenden Sie das *Bit-Stuffing-Verfahren mit folgenden Ersetzungen* an:
 - (i) 00 → 001
 - (ii) 1000 → 10000
- c) Welche der beiden Varianten würden Sie *bevorzugen*? Welchen *generellen Rat* zur Wahl einer Ersetzungsstrategie würden Sie einem Protokollentwickler geben?
- d) Beim Bit Stuffing kann es passieren, dass Bits eingefügt werden, obwohl das Flag nicht in den Nutzdaten vorkommt. Überlegen Sie: *Gibt es die Möglichkeit, nur dann ein Bit setzen zu müssen, wenn das Flag auch tatsächlich vorkommt*? Begründen Sie Ihre Antwort.

Aufgabe 3.3: Bitfehlerraten (1.5 Punkte)

In der Vorlesung wurde der Begriff der *Bitfehlerrate* eingeführt. Eine Bitfehlerrate von 10^{-2} bedeutet beispielsweise, dass jedes Bit mit einer Wahrscheinlichkeit von einem Prozent fehlerhaft ist. Wenn Fehlererkennung, aber keine Fehlerkorrektur, angewendet wird und ein Bit in einem Paket fehlerhaft ist, wird in der Praxis das ganze Paket verworfen.

Wir definieren daher analog zur Bitfehlerrate die *Paketfehlerrate*:

$$\text{Paketfehlerrate (packet error rate, PER)} = \frac{\text{Summe Pakete mit fehlerhaftem Bit}}{\text{Summe übertragene Pakete}}.$$

Nehmen Sie an, dass die Bitfehlerrate bei einer Übertragung bei $3 \cdot 10^{-5}$ liegt und die Bitfehler nicht korreliert sind. Berechnen Sie die Paketfehlerrate jeweils für Pakete der Länge 64 Byte und 1518 Byte.

Aufgabe 3.4: Parität (1 + 1 = 2 Punkte)

Es soll die Bitfolge 1001010100111010110001100 übertragen werden.

- Berechnen Sie zu der Bitfolge die *Kreuzparität*. Verwenden Sie dazu eine Blockgröße von 5 Bit und gerade Parität.
- Wie groß ist der *Hamming-Abstand* für beliebige Bitfolgen und Blockgrößen bei der Verwendung von
 - Längsparität?
 - Kreuzparität?

Begründen Sie kurz Ihre Antwort.

Aufgabe 3.5: CRC und Übertragungsfehler (1.5 + 1.5 + 2 = 5 Punkte)

- Berechnen Sie für die Bitsequenz 1101 1110 die *CRC-Prüfsumme* mit dem Generatorpolynom $G(x) = x^4 + x^2 + 1$.
- Sie empfangen folgende Bitsequenz, die durch das CRC-Verfahren mit obigem Generatorpolynom gesichert wurde: 0110 1001 1100. Ist ein Übertragungsfehler aufgetreten? Begründen Sie Ihre Antwort.
- Kippen Sie in der Bitsequenz aus a) genau 3 Bits so, dass der Fehler nicht erkannt wird. Begründen Sie, warum der Fehler nicht erkannt wird.