



Übungen zur Vorlesung Rechnernetze und Verteilte Systeme Übungsblatt 12, SS 2009

Tutoriumsaufgabe ohne Abgabe

Aufgabe 27 - V.90-Modem (6 Punkte)

Vor der Einführung von breitbandigen Internet-Zugängen wurden Datenverbindungen per Modem über eine Telefonleitung hergestellt. Ein bekannter ITU-Standard ist das V.90-Modem, mit dem über einen Telefonkanal der Bandbreite 4kHz maximal 56kBit/s Daten übertragen werden können.

- Berechnen Sie die informationstheoretische untere Schranke für das Signal-zu-Rausch-Verhältnis (in dB), ab der die geforderte Datenrate theoretisch erreicht werden kann.
- Wie viele verschiedene Signalstufen (Symbole) müssen durch die Modulation mindestens dargestellt werden können?

Um 56kBit/s Nutzdaten fehlerfrei übertragen zu können, müssen in der Praxis fehlererkennende und -korrigierende Codes eingesetzt werden, bei denen den Nutzdaten gezielt Redundanz hinzugefügt wird. Als einfache Maßnahme zur Fehlererkennung werde jedes übertragene Symbol durch ein zusätzliches Paritätsbit gesichert.

- Wieviele Signalstufen müssen nun durch die Modulation mindestens dargestellt werden? Welche Übertragungsrate ergibt sich dadurch insgesamt aus Nutzdaten und Sicherungsdaten?

Aufgabe 28 - Code Division Multiplex (CDM) (16 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 so genannten Spreizcodes $\mathbf{a} = a_0 a_1 \cdots a_{m-1}$ mit $a_i \in \{-1, +1\}$ in eine Signalfolge übersetzt, wobei gilt:

$$x = 1 \leftrightarrow \mathbf{a} = a_0 a_1 \cdots a_{m-1} \quad x = 0 \leftrightarrow -\mathbf{a} = -a_0 - a_1 \cdots - a_{m-1}$$

Pro Spreizcode gibt es also genau zwei Codeworte.

Durch Verwendung orthogonaler Codes ist es möglich, dass mehrere Übertragungen gleichzeitig stattfinden. Zwei Codes \mathbf{a} und \mathbf{b} sind orthogonal, wenn gilt:

$$\sum_{i=0}^{m-1} a_i \cdot b_i = 0$$

In der gesamten Aufgabe werden Spreizcodes der Länge $m = 4$ betrachtet.

- Wie viele verschiedene Spreizcodes sind bei dieser Länge möglich?
Sind alle möglichen Spreizcodes orthogonal zueinander?

- b) Geben Sie alle zu $\mathbf{a} = [1 \ -1 \ 1 \ -1]$ orthogonalen Spreizcodes an.

Zwei Mobilfunkgeräte kommunizieren über CDM mit einer Basisstation und verwenden dabei die zwei orthogonalen Codes $\mathbf{a} = [1 \ -1 \ 1 \ -1]$ und $\mathbf{b} = [1 \ -1 \ -1 \ 1]$. Das erste Gerät sendet die Datenbitfolge 0, 1, 1, das zweite die Datenbitfolge 1, 1, 0.

- c) Wie lautet die Signalfolge, die an der Basisstation ankommt, wenn beide Mobilfunkgeräte gleichzeitig anfangen zu senden. Vernachlässigen Sie dabei Laufzeiten und Dämpfung auf der Übertragungsstrecke.
- d) Zeigen Sie, dass die Basisstation die beiden gesendeten Datenbitfolgen wiederherstellen kann, indem sie je vier aufeinanderfolgende Signalwerte mit dem jeweiligen Spreizcode skalar-multipliziert, d.h. mit obiger Produktsumme.
- e) Welche Probleme ergeben sich bei unterschiedlichen Laufzeiten bzw. Dämpfungen zwischen den beiden Geräten und der Basisstation?
- f) In der Praxis wird bei drahtlosen Übertragungen asynchrones CDM eingesetzt. Was sind die Unterschiede zum bisher betrachteten synchronen CDM?

Gehen Sie im Folgenden davon aus, dass die (Nutz-)Datenrate eines Mobilfunkgerätes 100kBit/s beträgt und weiterhin synchrones CDM eingesetzt wird.

- g) Wie groß ist die benötigte Bandbreite vor und nach der Spreizcodierung?
- h) Wie viele Geräte können gleichzeitig mit der Basisstation kommunizieren, ohne sich gegenseitig zu stören?
Wie viele Geräte wären es, wenn statt CDM Frequency Division Multiplex (FDM) bzw. Time Division Multiplex (TDM) eingesetzt wird und die gleiche Bandbreite zur Verfügung steht?
Begründen Sie Ihre Antwort.