

Übung 3: Physical layer and limits

2019-10-31

1. Basisband/Breitband

Diese Aufgabe soll den Unterschied zwischen Basisband- und Breitbandverfahren verdeutlichen.

- Erläutern Sie, wie ein Basisbandverfahren Daten überträgt.
- Welches sind wünschenswerte Eigenschaften von Basisbandverfahren?
- Welches Problem tritt auf, wenn Sie Daten als Rechteckimpulse übertragen?
- Erläutern Sie, wie ein Breitbandverfahren Daten überträgt.
- Welcher Zusammenhang sollte zwischen Signalbandbreite und Kanalbandbreite bestehen, damit ein Breitbandverfahren problemlos zum Einsatz kommen kann? Ist die *absolute* Lage der Harmonischen des Signals und des Übertragungsfensters des Kanals dabei relevant?

2. Theoreme von Nyquist und Shannon

Ein Modem verwendet eine Übertragungstechnik mit dem Symbolvorrat $\{00, 01, 10, 11\}$.

- Welche ist die maximale Datenrate, die Sie bei einer Kanalbandbreite von 10 MHz erreichen können?
- Welche Symbolrate liegt bei dieser Übertragungsrate vor?
- Welches Signal-zu-Rauschverhältnis (**SNR!**) benötigen Sie am Empfänger, um diese Datenrate tatsächlich erreichen zu können?
- Um welchen Faktor verändert sich die benötigte *Sendeleistung*, wenn Sie eine höherwertige Übertragungstechnik verwenden, mit der sich ein Byte pro Symbol übertragen lässt (die Rauschleistung sei konstant)?

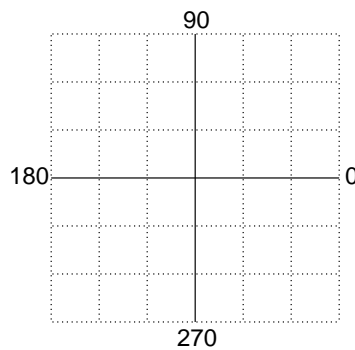
3. Manchester-Codierung

Gegeben sei die Bitkette 10000101111.

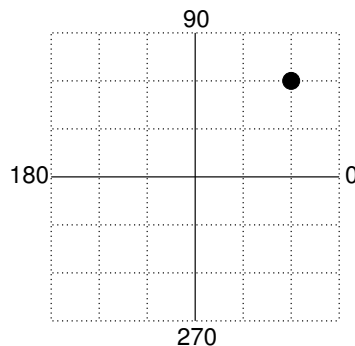
- (a) Stellen Sie den Signalverlauf am Sender und am Empfänger bei Manchester-Codierung dar. Stellen Sie dabei zusätzlich die Extraktion des Taktsignals am Empfänger dar.
- (b) Welches Problem kann bei der Übertragung von Bitketten mittels Manchester-Codierung auftreten, wenn zwischen den einzelnen Bitketten längere Übertragungspausen liegen (beispielsweise bei der Bitkette 01 nach längerer Übertragungspause)? Wie kann dieses Problem gelöst werden?

4. **Modulation** Ein Kommunikationssystem verwendet *Quadrature Phase Shift Keying (QPSK)*, um binäre Daten auf einen Träger zu modulieren. Es sollen $\frac{1}{4}\pi, \frac{3}{4}\pi, \frac{5}{4}\pi, \frac{7}{4}\pi$ als Repräsentation für die Symbole verwendet werden.

- (a) Zeichnen Sie den Signalverlauf auf (Amplitude als Funktion der Zeit), der sich ergibt, wenn Sie die Bitfolge 011000101101 mit Hilfe dieser Modulation übertragen. Jedes Symbol soll drei Perioden der Trägerfrequenz lang sein.
- (b) Zeichnen Sie das Konstellationsdiagramm.

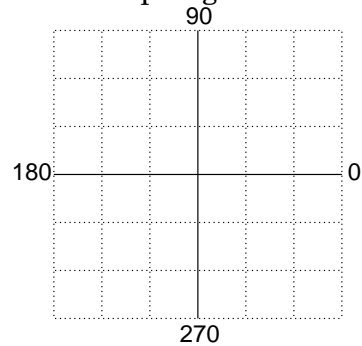


- (c) Um ein größeres Symbolalphabet zu unterstützen, wird nun *Quadrature Amplitude Modulation (16-QAM)* verwendet. Sie übertragen darüber ein und dasselbe Symbol viele Male nacheinander. Die analoge Darstellung dieses Symbols sieht folgendermaßen aus:

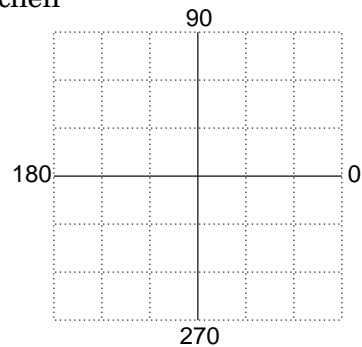


Während der Übertragung wird die analoge Darstellung eines gesendeten Symbols im Medium durch verschiedene Einflüsse verfälscht. Zeichnen Sie im Folgenden jeweils alle empfangenen Wiederholungen in ein *einzelnes* Diagramm. Dabei soll *nur* der in der Teilaufgabe angegebene Einfluss gewirkt haben.

i. Konstante Dämpfung



ii. Rauschen

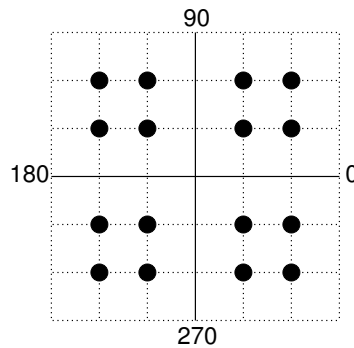


iii. Erklären Sie, warum die in den beiden vorherigen Teilaufgaben gezeigten Einflüsse problematisch am Empfänger sind.

Hinweis: Überlegen Sie was passiert, wenn verschiedene Symbole übertragen werden sollen.

iv. Geben Sie für das in der vorherigen Teilaufgabe gegebene Symbol die Formel des Signals im Zeitbereich an. Im Konstellationsdiagramm soll die Kantenlänge eines Kästchen hierfür b sein.

v. Betrachten Sie nun das folgende 16-QAM Konstellationsdiagramm:



Die Abstände zwischen den einzelnen Symbolen sind hier ungleich gewählt, wodurch sich vier Symbolgruppen bilden. Wie können Sie diese Eigenschaft ausnutzen, um zwei gleichzeitig übertragene Datenströme unterschiedlich zu priorisieren? Beschreiben Sie Ihr Verfahren.

5. Phasenrauschen im Konstellationsdiagramm durch AWGN-Kanal

Erstellen Sie ein Konstellationsdiagramm für die *empfangenen* Konstellationspunkte. Gehen Sie von folgenden Annahmen aus:

- QPSK-Simulation
- AWGN-Kanal mit einstellbarem SNR

Simulieren Sie die Übertragung von Symbolen. Berechnen Sie die Signale (für eine sinnvoll gewählte Abtastrate); addieren Sie weißes Gaussches Rauschen (AWGN) entsprechend der gewählten SNR. Berechnen Sie für jedes empfangene Signal die Fourier-Transformation und entnehmen Sie den Koeffizienten der Sendefrequenz. Berechnen Sie anhand dieses Koeffizienten Winkel und Abstand, um einen Punkt ins Konstellationsdiagramm zu plotten.

Was beobachten Sie für sehr niedrige SNRs? Ist das plausibel? An welcher Vereinfachung könnte das liegen?

Sie können hierzu z.B. das Notebook `Sie Notebook ConstellationPhaseNoise.ipynb` bearbeiten.