

Aufgabenblatt 4

In diesem Aufgabenblatt werden weiterführende Betrachtungen zur Faltung angestellt und der Begriff des Frequenzgangs als Fouriertransformierte der Impulsantwort untersucht. Die folgenden Schlüsselworte und Funktionen sind dabei von besonderer Bedeutung:

audioread, audioplayer, playblocking
conv, max, abs, angle, length, zeros, linspace, log10, exp, chirp
subplot, plot, semilogx, xlabel, ylabel, figure, grid
for, function

Wichtig: Geben Sie bitte nur eine Gesamtlösung pro Aufgabe ab. Lösungen für die Teilaufgaben a, b usw. sind nicht erwünscht. Am besten geben Sie ein einzelnes Matlab-Skript für das gesamte Aufgabenblatt ab und verwenden Sektionen für die einzelnen Aufgabe (dies ist nur in Matlab und nicht in Octave möglich).

Jede Gruppe (mit maximal zwei Studierenden) gibt die Lösungen bitte gemeinsam ab (also nur einmal). Vergessen Sie nicht, die Namen und Matrikel-Nummern aller an der Lösung beteiligten Studierenden als Kommentar in den ersten Zeilen jedes Matlab-Skripts einzufügen.

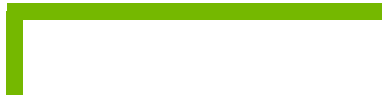
4.1 Simulation eines akustischen Systems

- a) Kopieren Sie sich über Moodle zunächst die Dateien *IR_mid.wav* und *IR_large.wav* auf Ihren Rechner. Schreiben Sie ein Skript, mit dem Sie die beiden Dateien in die Variablen *h1* und *h2* laden und anschließend nacheinander über die Soundkarte ausgeben. Ergänzen Sie einen Kommentar, der erläutert, was man hört.

Hinweis: Da die Ausgabe über die Soundkarte immer etwas Zeit in Anspruch nimmt, dürfen Sie die für die Soundausgabe zuständigen Zeilen nach Abschluss dieser Teilaufgabe auskommentieren.

- b) Laden Sie sich über Moodle das Audiosignal *sample2.wav* auf Ihren Rechner. Falten Sie das Signal mit der oben gelesenen Impulsantwort *h1* (in Octave dauert die Faltung mit der Funktion *conv* sehr lange, weshalb Sie besser die Funktion *fftconv* verwenden). Da durch die Faltung Amplituden größer 1.0 entstehen können, müssen Sie zur Vermeidung von Verzerrungen das Signal anschließend normalisieren. Geben Sie die Originalaufnahme und das Ergebnis der Faltung (inklusive Normalisierung) über die Soundkarte aus.

Hinweis: Da die Ausgabe über die Soundkarte immer etwas Zeit in Anspruch nimmt, dürfen Sie die für die Soundausgabe zuständigen



Zeilen nach Abschluss dieser Teilaufgabe auskommentieren.

- c) Wiederholen Sie die vorangehende Teilaufgabe. Verwenden Sie diesmal jedoch statt der Impulsantwort h_1 die Impulsantwort h_2 .
- d) Plotten Sie die Impulsantworten in zwei übereinander angeordneten Graphen. Die Achsen sollen korrekt beschriftet sein. Ergänzen Sie einen Kommentar, der erläutert, wie die Darstellung zu interpretieren ist?

4.2 Künstliches Echo

Mit dieser Aufgabe soll ein Echo/Delay Effekt realisiert werden. Bearbeiten Sie die Aufgabe in folgenden Teilschritten:

- a) Erstellen Sie zunächst eine Impulsantwort für ein künstliches System, dass ein mit der Abtastrate f_s erfasstes Eingangssignal um 400 ms verzögert. Die Impulsantwort speichern Sie in h_1 .

Hinweis: Um die Aufgabe zu lösen, versuchen Sie mit Stift und Papier zunächst Herauszubekommen, wie die Impulsantwort eines Systems aussieht, das ein Eingangssignal um einen einzelnen Abtastwert verzögert.

- b) Laden Sie sich über Moodle das Audiosignal *sample2.wav* auf Ihren Rechner. Anschließend falten Sie das eingelesene Audiosignal mit der zuvor erzeugten Impulsantwort h_1 . Geben Sie das originale Audiosignal auf dem linken Lautsprecher aus und das mit h_1 gefaltete verzögerte Signal auf dem rechten Lautsprecher.

Hinweis: Da die Ausgabe über die Soundkarte immer etwas Zeit in Anspruch nimmt, dürfen Sie die für die Soundausgabe zuständigen Zeilen nach Abschluss dieser Teilaufgabe auskommentieren.

- c) Verändern Sie die unter a erzeugte Impulsantwort in der Weise, dass ein Eingangssignal nun 10 mal wiederholt wird. Die Wiederholungen sollen jeweils im Abstand von 400 ms aufeinander folgen. Geben Sie die neue Impulsantwort h_2 an. Falten Sie das zuvor gelesene Audiosignal (aus der Datei *sample2.wav*) mit h_2 und geben Sie das Ergebnis über die Soundkarte aus.

Hinweis: Da die Ausgabe über die Soundkarte immer etwas Zeit in Anspruch nimmt, dürfen Sie die für die Soundausgabe zuständigen Zeilen nach Abschluss dieser Teilaufgabe auskommentieren.

- d) Verändern Sie die unter c erzeugte Impulsantwort so, dass ein Eingangssignal bei jeder Wiederholung um den Faktor $0,5^N$ abgeschwächt wird. Geben Sie das Ergebnis über die Soundkarte aus.

4.3 Impulsantwort vs. Frequenzgang

Gegeben ist die folgende Impulsantwort eines LSI-Systems:

$$h[n] = 0,035 \cdot \delta[n] + 0,24 \cdot \delta[n - 1] + 0,447 \cdot \delta[n - 2] + 0,24 \cdot \delta[n - 3] + 0,035 \cdot \delta[n - 4]$$

Die Impulsantwort lässt sich mit Hilfe der folgenden Formel in einen komplexwertigen Frequenzgang umrechnen.

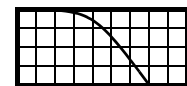
$$H(\omega) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} h[n] \cdot e^{-j\omega n}$$

- a) Schreiben Sie in Matlab/Octave eine Funktion $H(\omega)$, mit der sich sowohl der Amplitudengang (mag: Magnitude) als auch der Phasengang (phi) zu $H(\omega)$ berechnen lässt. Die Funktion soll folgenden Funktionskopf besitzen:

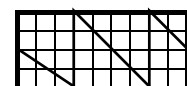
function [mag, phi] = H (w)

Hinweis: Um den Frequenzgang zu bestimmen, setzen Sie $h[n]$ in die Formel für $H(\omega)$ ein. Beachten Sie, dass die Deltafunktion fast überall gleich 0 ist, so dass die unendliche Summe sich auf wenige relevante Werte reduzieren lässt.

- b) Geben Sie den Amplitudengang und den Phasengang über das Intervall von 0 bis 6π in zwei übereinander angeordneten Graphen aus (siehe Skizze rechts). Die Achsen sollen korrekt beschriftet sein. Verwenden Sie hierzu die Funktion subplot.



Amplitude



Phase

- c) Interpretieren Sie das Ergebnis. Welcher Filtertyp liegt vor? Schreiben Sie Ihre Antwort als Kommentar in das Skript.
- d) Rufen Sie die Matlab-Funktion figure auf, um ein weiteres Ausgabefenster zu erzeugen. Geben Sie diesmal ein Bode-Diagramm über den Frequenzbereich von 1 Hz bis 11025 Hz aus (gehen Sie von einer Abtastrate von $f_s = 22050$ Hz aus). Es soll sowohl die Amplitude (in dB) als auch die Phase (in rad) in zwei übereinander angeordneten Graphen angezeigt werden.

Hinweis: Die Umrechnung der Amplitude in einen dB-Wert erfolgt durch die Formel $20 \cdot \log_{10}(|H(\omega)|)$. Berücksichtigen Sie, dass die betrachteten Frequenzen zuerst in eine Kreisfrequenz umgerechnet werden müssen ($\omega = 2 \cdot \pi \cdot f / f_s$). Für die Ausgabe eines Bodediagramms verwenden Sie die Funktion semilogx.

- e) Lesen Sie aus dem zuvor erzeugten Bodediagramm möglichst genau



die Grenzfrequenz des Filters aus und geben Sie diese als Kommentar in Ihrem Skript an.

- f) Verifizieren Sie Ihre Ergebnisse, indem Sie einen linearen Cosinus-Sweep über eine Dauer von 10 s und über den Frequenzbereich von 1 Hz bis zur halben Abtastrate erzeugen. Anschließend falten Sie den Cosinus-Sweep mit der eingangs angegebenen Impulsantwort. Das Ergebnis der Faltung ist mit Hilfe von plot in einem dritten Fenster auszugegeben (erneuter Aufruf von figure). Die Achsen sind korrekt zu beschriften. Um einen Eindruck zu erhalten, geben Sie das berechnete Ausgangssignal über die Soundkarte aus.

Hinweis: Einen Cosinus-Sweep können Sie mit Hilfe der Funktion chirp berechnen.