

Sprachverarbeitung: Übung 4

Lineare Prädiktion

In dieser Übung geht es darum, sich mit verschiedenen Eigenschaften der linearen Prädiktion vertraut zu machen. Dazu benötigen Sie Sprachsignalabschnitte aus den Lauten [a] und [s]. Je einen 320 Abtastwerte langen Abschnitt dieser Laute können Sie mit der Matlab-Funktion `audioread` von der Datei `seg_vowel_a.wav` bzw. `seg_consonant_s.wav` laden. Die Signalabtastfrequenz f_s beträgt 8 kHz.

Aufgabe 1: Linearer Prädiktor 12. Ordnung

Berechnen Sie für die Signalabschnitte der beiden Laute [a] und [s] wie folgt je einen Prädiktor der Ordnung 12: Multiplizieren Sie die Signalabschnitte zuerst mit einem Hamming-Fenster und verwenden Sie dann für die LPC-Analyse die Matlab-Funktion `lpc` (LPC-Analyse unter Verwendung der Autokorrelation).

Zeichnen Sie den Betrag der Übertragungsfunktion (ist mit der Matlab-Funktion `freqz` zu ermitteln) des inversen Filters $A(z)$ (Vektor `A` aus `lpc`) und des Synthesefilters $H(z) = 1/A(z)$ in halb-logarithmischer Darstellung (Betrag in dB) als zwei Subplots (`subplot(2,1,1)` und `subplot(2,1,2)`). Verwenden Sie eine lineare, normierte Frequenzachse, die von 0 bis 0.5 geht. Zeichnen Sie zudem mit der Funktion `zplane` die Pole und Nullstellen der Filter in der z -Ebene auf.

Welche Aussagen können Sie machen über die Beziehung der Pole und Nullstellen in der z -Ebene und der relativen Maxima und Minima der Übertragungsfunktion der Filter $A(z)$ und $H(z)$?

Aufgabe 2: Übertragungsfunktion des LPC-Modells

Berechnen Sie für beide Laute das Leistungsdichtespektrum der mit der Fensterfunktion multiplizierten Signalsegmente und stellen Sie es zusammen mit dem Betrag der Übertragungsfunktion des Synthesefilters $H(z)$ dar. Beachten Sie dabei die folgenden Punkte:

- Bei der Berechnung des Leistungsdichtespektrums (siehe Buch Seite 71) muss die Fensterfunktion berücksichtigt werden. Eine Möglichkeit ist, eine leistungskompensierte Fensterfunktion einzusetzen, für welche U von Gleichung (22) gleich 1 wird. Wie Sie einfach verifizieren können, ist ein leistungskompensiertes Hamming-Fenster $w_n = 1.588 w$, wobei w ein gemäss Gleichung (16) definiertes Hamming-Fenster ist (siehe Buch Seite 66).

- Das Leistungsdichtespektrum wird sinnvollerweise im Bereich zwischen 0 und 4000 Hz (halbe Abtastfrequenz) dargestellt. Die Funktion `freqz` berechnet normalerweise Frequenzen im Bereich $0 \dots \pi$. Sie müssen diesen Bereich dementsprechend auf den dargestellten Frequenzbereich des Leistungsdichtespektrums anpassen.
- Wie Sie anhand der Aufgabe 1 einfach verifizieren können, ist die Übertragungsfunktion des Synthesefilters von der Leistung des Signals unabhängig. Erst wenn der Verstärkungsfaktor G (siehe Abbildung 4.19 im Buch) mitberücksichtigt wird, beschreibt das Filter näherungsweise das Leistungsdichtespektrum. Überlegen Sie, welcher Zusammenhang zwischen G und der Fehlersignalleistung (Ausgabeargument `E` der Matlab-Funktion `lpc`; siehe `help lpc`) besteht und berücksichtigen Sie G bei der Darstellung. Merke: Auch hier muss das leistungskompensierte Hamming-Fenster verwendet werden.

Welche Unterschiede stellen Sie zwischen dem Amplitudengang des Synthesefilters und dem Leistungsdichtespektrum fest (je für den stimmhaften und den stimmlosen Laut)?

Variieren Sie die Ordnung des Prädiktors im Bereich $4 \leq p \leq 20$ und vergleichen Sie, wie gut der Frequenzgang des Synthesefilters das Leistungsdichtespektrum des Signals approximiert.

Aufgabe 3: Prädiktionsfehler

Verwenden Sie nun die inversen Filter $A(z)$ der Laute [a] und [s] aus Aufgabe 1 um das Prädiktionsfehlersignal für beide Laute zu berechnen (mit der Funktion `filter`). Stellen Sie jeweils das Originalsignal, den Prädiktionsfehler, das LPC- zusammen mit dem Fourier-Spektrum des Signals sowie das Fourier-Spektrum des Fehlersignals (die Spektren in dB) in vier Subplots übereinander dar. Welche Unterschiede stellen Sie beim Prädiktionsfehler zwischen den beiden Lauten fest? Vergleichen Sie auch die Spektren der Fehlersignale.