

Signalanalyse WS2008, Übungsblatt I

Abgabetermin: 16.01.2009

1. Zwei Filter sind durch die Differenzengleichungen

$$y[n_1, n_2] = x[n_1, n_2] + ay[n_1 - 1, n_2 - 1] + by[n_1, n_2 - 1] + cy[n_1 + 1, n_2 - 1] \quad (1)$$

$$y[n_1, n_2] = x[n_1, n_2] + ay[n_1 - 1, n_2 - 1] + by[n_1, n_2 - 1] + cy[n_1 + 1, n_2] \quad (2)$$

spezifiziert. Führen Sie für beide Filter folgende Punkte durch:

- Zeichnen Sie den Signalflussgraphen.
 - Bestimmen Sie alle möglichen Rekursionsrichtungen für das angegebene Filter.
 - Bestimmen Sie den Support der Impulsantwort des Filters.
 - Geben Sie gültige Startwerte für $y[n_1, n_2]$ an, sodass das System linear, verschiebungsinvariant und berechenbar ist.
2. Der Zufallsprozess

$$X[n] = a \cdot \sin(\omega_0 n + Y) \quad (3)$$

beschreibt die Familie aller zeitdiskreten Sinus-Signale mit konstanter Amplitude a und zufälliger Phase Y . Führen Sie für eine gleichverteilte Phase, d.h.

$$f_Y(y) = \begin{cases} \frac{1}{2\pi} & -\pi < y \leq \pi \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}, \quad (4)$$

folgende Punkte durch:

- Bestimmen Sie analytisch die Autokorrelationsfunktion $\phi_{XX}[m, n]$ des Zufallsprozesses.
 - Bestimmen Sie weiters analytisch die spektrale Leistungsdichte (PSD) $P_{XX}(\omega)$, wobei Sie die Stationarität des Zufallsprozesses voraussetzen können.
 - Geben Sie zwei weitere Zufallsprozesse mit gleicher PSD an und erklären Sie das Auftreten dieser Mehrdeutigkeit der PSD.
3. Ein Laser-Doppler-Anemometer (LDA) wird zur Messung von Strömungsgeschwindigkeiten in flüssigen und gasförmigen Medien verwendet. Das Messprinzip des LDA beruht auf der Überlagerung zweier kohärenter Laserstrahlen im zu untersuchenden Messmedium wie in Abbildung 1 dargestellt.

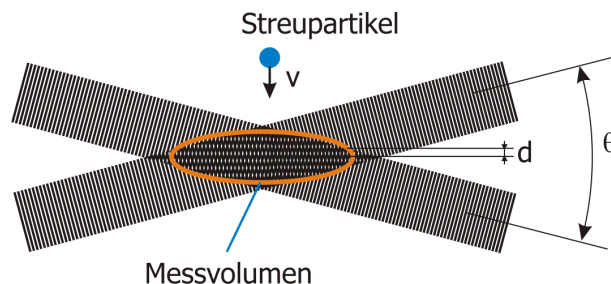


Abbildung 1: LDA Prinzip. Durch Überlagerung kohärenter Strahlen entsteht ein stationäres Streifenmuster.

Im Messvolumen entsteht eine streifenförmige Verteilung der Lichtintensität durch Interferenz der beiden Laserstrahlen, wobei der Streifenabstand d durch

$$d = \frac{\lambda}{2 \cdot \sin(\theta/2)} \quad (5)$$

gegeben ist. Durch das Passieren abwechselnd heller und dunkler Bereiche ruft ein Streupartikel beim Durchlauf durch das Messvolumen ein Intensitätssignal mit einer geschwindigkeitsproportionalen Modulationsfrequenz von

$$f_D = v/d. \quad (6)$$

hervor. Der beliebige Datenvektor *lda.txt* wurde mit einem LDA System mit folgenden Parametern aufgenommen:

- HeNe-Laser mit einer Wellenlänge von $\lambda = 632 \text{ nm}$.
- Öffnungswinkel der beiden Strahlen $\theta = 30^\circ$.
- Abtastrate des Messsystems $f_A = 2.5 \text{ MSps}$.

Führen Sie unter Verwendung von MATLAB folgende Punkte durch:

- a. Bestimmen Sie die spektrale Leistungsdichte des LDA Signals. Erstellen Sie dazu eine MATLAB-Funktion, die eine Periodogramm-Mittelung ausführt.
- b. Wählen Sie eine geeignete Fensterfunktion aus und begründen Sie Ihre Annahme.
- c. Bestimmen Sie für einen konstanten Datenumfang ($Q = 3636$) die PSD des LDA Signals für variable $L \geq 32$ bis zu einer Überlappung von maximal 50 %.
- d. Diskutieren Sie die erhaltenen Ergebnisse.
- e. Entwerfen Sie ein geeignetes Filter zur Reduktion unerwünschter Signalanteile und wiederholen Sie die PSD Analyse. Diskutieren Sie auftretende Unterschiede.
- f. Geben Sie einen Schätzwert für die Partikelgeschwindigkeit an.
- g. Geben Sie einen Ausdruck der von Ihnen erstellten MATLAB Files mit ab.