

Lab 4: Adaptive Systemidentifikation

Vorbereitung

Lösen Sie Aufgabe 1 in Übung 3 (LMS-Algorithmus).

1. Einleitung

Mit Hilfe von adaptiven Filtern können unbekannte, langsam in der Zeit variierende Systeme identifiziert werden. In Abbildung 1 ist das entsprechende Grundschemata dargestellt.

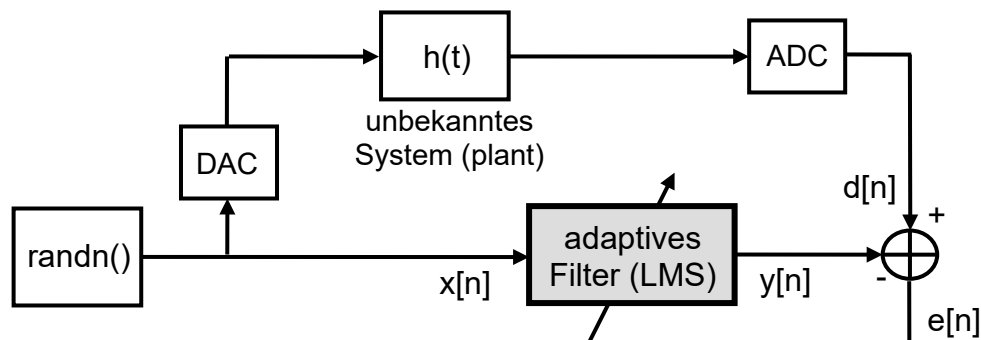


Abbildung 1: Systemidentifikation mit adaptivem Filter.

Der Zufallsgenerator `randn()` produziert ein Zufallssignal mit unkorrelierten, mittelwertsfreien (gaussverteilten) Zufallswerten. Er regt damit sowohl das unbekannte System als auch das adaptive Filter mit weissem Rauschen an, das „alle“ Frequenzkomponenten enthält.

Das adaptive LMS-Filter verändert seine FIR-Filterkoeffizienten so lange, bis der mittlere quadratische Fehler $E[e^2[n]]$ minimal wird.

Die Filterkoeffizienten b_0, \dots, b_N des adaptiven Filters approximieren dann die diskrete Impulsantwort $h[n]$ des unbekannten Systems (gefaltet mit der Impulsantwort des AD/DA-Systems). In diesem Praktikum soll die adaptive Systemidentifikation mit Python simuliert werden.

2. Aufgabenstellung

a) Simulieren Sie eine adaptive Systemidentifikation mit dem LMS-Algorithmus. Die Abtastfrequenz beträgt dabei $f_s = 48$ kHz. Identifizieren Sie zuerst das unbekannte System $H(z) = 1$ mit einem adaptiven FIR-Filter der Ordnung $N = 5$.

Beobachten Sie die Geschwindigkeit und die Genauigkeit der Konvergenz des LMS-Algorithmus in Funktion des Verstärkungsfaktors μ . Wählen Sie verschiedene Anfangswerte $b[0]$ für die Filterkoeffizienten.

Bemerkung: Sie können die Vorlage `sysId.py` verwenden.

b) Wiederholen Sie a) mit $H(z) = 0.5 + 0.5 \cdot z^{-1}$.

c) Entwerfen Sie mit der Fenster-Methode (Scipy `firwin(.)`) ein FIR-Tiefpass- oder Hochpass-Filter der Ordnung $N_{\text{FIR}} = 64$ mit Grenzfrequenz $f_g = 8000$ Hz und verwenden Sie es als unbekanntes System $H(z)$.

Erweitern Sie Ihr Python-Programm aus b) so, dass Sie die adaptive Systemidentifikation mit dem LMS-Algorithmus simulieren können.

Wählen Sie die Schrittgrösse $\mu = \mu_{\text{max}}/2$ und $N_{\text{iter}} = 400$ Iterationsschritte.

ABGABE: Screenvideo per Mail (in Zweiergruppen)

Erstellen ein Screen-Video oder einen animierten Plot, welcher folgende Elemente zeigt

1. die Impulsantwort $h[n]$ des unbekannten Systems $H(z)$,
2. die Filterkoeffizienten $b_k[n]$, $k = 0, \dots, N_{\text{FIR}}$, für $n = 0, \dots, N_{\text{iter}}$ und
3. das Fehlerquadrat $|e[n]|^2$ für $n = 0, \dots, N_{\text{iter}}$.