

ten Oberwellen kompensiert bzw. entsprechend verschoben würden, mit dem Effekt das Störsignal erfolgreich zu reduzieren. Der Ausführungs- und Adaptionaufwand für ein FIR-Filter ist deutlich geringer als für ein TDNN.

Verwendete Algorithmen

In [1] ist für die Feedforward-Anordnung nach Abb. 1 oben ein Adaptionalgorithmus nach dem Backpropagation-Verfahren angegeben. In [3] ist daraus die Version für den single-input-single-output-Fall sowie mit nur je einer versteckten Schicht in den TDNN angegeben. Der Algorithmus für den FIR-Controller ergibt sich dann aus dem Entfernen der (nichtlinearen) versteckten Schicht sowie dem Bias am Ausgangsneuron des Controllers [3]. Es sei hier angemerkt, dass im Gegensatz zum bekannten filtered-x LMS Algorithmus mit (linearen) FIR-Filtern für die Adaptionvorschrift nicht nur das gefilterte Referenzsignal benötigt wird sondern auch die inneren Zustände des Sekundärstreckenmodells.

Simulationsergebnisse

Bekanntermaßen lassen sich mit einem FIR-Filter, das aus N_d Koeffizienten besteht, genau $N_d/2$ Frequenzen in Betrag **und** Phase exakt nach einer beliebigen Vorgabe einstellen. D.h. dass für eine Bekämpfung von z.B. 4 (im Referenzsignal enthaltenen) Frequenzen $N_d = 8$ Koeffizienten benötigt werden. Dies ist die übliche Erfahrung in ANC-Systemen (und auch theoretisch nachweisbar). Aus den Simulationsergebnissen in Abb. 2 lässt sich erkennen, dass im vorliegenden nichtlinearen Fall 1-2 Koeffizienten mehr benötigt werden. Natürlich ist das FIR-Filter nach wie vor in der Lage mit 8 Koeffizienten 4 Frequenzen exakt einzustellen, offensichtlich aber schafft es der Adaptionalgorithmus dann nicht die Koeffizienten entsprechend einzustellen, auch nicht bei optimal eingestellter Adaptionsschrittweite μ . Dieses Verhalten konnte anhand vieler Simulationen mit unterschiedlichen Anzahlen an Referenz- und Störsignalfrequenzen bestätigt werden.

Für den TDNN-Controller (Abb. 3) ergibt sich, dass zu meist doppelt so viele input delays, also vergangene Signaleingangswerte, wie Referenzsignalfrequenzen ausreichen. Das Verhalten ist allerdings nicht ganz so einheitlich wie beim FIR-Controller. Bei der vorliegenden Sekundärstrecke ist der Erfolg mit TDNN-Controller unabhängig von der Anzahl der Neuronen in der versteckten Schicht. Die Schwankungen der Ergebnisse folgen aus der nötigen Initialisierung der TDNN-Gewichte mit Zufallswerten. Der maximal erreichbare Erfolg des TDNN-Controllers ist hier geringer als der des FIR-Controllers. Er lässt sich (in beiden Fällen) durch Hinzunahme von Referenzfrequenzen steigern. Offenbar ist eine ausreichende Anzahl an Referenzsignalfrequenzen wichtiger als die Fähigkeit des Controllers durch seine nichtlineare Struktur selbst die Obertöne erzeugen zu können.

Zusammenfassung

Die Tauglichkeit von (linearen) FIR-Filtern zum Einsatz in nichtlinearen ANC-Anwendungen bei harmoni-

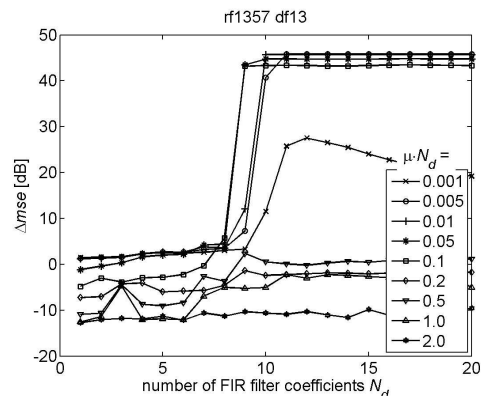


Abbildung 2: Simulationsergebnisse FIR-Controller: Reduktion des Fehlersignals in Abhängigkeit der Anzahl der Filterkoeffizienten N_d und der Schrittweite μ .

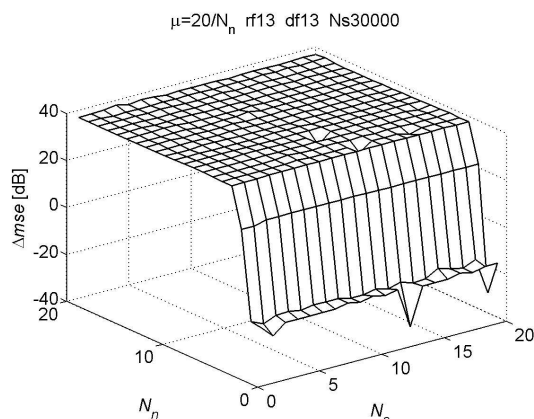


Abbildung 3: Simulationsergebnisse NN-Controller: Reduktion des Fehlersignals über der Dimension des Netzes, N_n : Anzahl input delays, N_d : Anzahl nichtlinearer Neuronen.

schen Störsignalen wurde untersucht. Es zeigte sich, dass diese sich durchaus eignen und praktisch keine Nachteile gegenüber einem Controller auf Basis von (nichtlinearen) TDNN entstehen. Allerdings ist darauf zu achten, dass mit dem diskutierten Backpropagation-Algorithmus genügend Koeffizienten vorgesehen werden. Die Anzahl an FIR-Filterkoeffizienten sollte daher um 2 größer sein als die doppelte Anzahl an Referenzsignalfrequenzen. Auch die Anzahl der Referenzsignalfrequenzen muss in beiden Fällen genügend groß gewählt werden. Weitere Untersuchungen mit unterschiedlich stark nichtlinearen Sekundärstrecken sollten noch durchgeführt werden.

Literatur

- [1] C.H. Hansen, S.D. Snyder. *Active Control of Noise and Vibration*. (Chapman and Hall 1997)
- [2] M. Wolff, A. Jakob, M. Möser. Systemidentifikation von nicht-linearen Sekundärstrecken in active noise control Systemen mit Hilfe Neuronaler Netzwerke, *DAGA 2005*
- [3] A. Jakob, M. Möser. Nonlinear active noise control of harmonic sound by means of neural networks, *Twelfth International Congress on Sound and Vibration - ICSV12, 2005*