

Adaptive Filter Synthese

Sound-Synthesis
2019

Dozent: Henrik von Coler

- Leonard Eyer und Victor Höller -

au-
dio-
—kom
mu-
nika-
tion



Idee

Adaptive Filter finden seit geraumer Zeit Anwendung in der Telekommunikation, der Regelungstechnik, der Biomedizin und weiteren Gebieten. Immer dort, wo die Statistik der verarbeiteten Signale unbekannt und auch zeitlich veränderlich sind. Ein adaptives Filter passt sich der Umgebung an und kann auf erwartete oder unerwartete Änderungen reagieren [1]. Für adaptive Filter werden für gewöhnlich zwei Signale gebraucht. Zum einen das Eingangssignal, welches mit Störungen (Rauschen) überlagert ist, und zum anderen das erwünschte Signal. Die Störung soll dann mittels des adaptiven Filters eliminiert werden. Dieses Konzept wollten wir für Klangsynthese ausnutzen. Es sollten zwei Klangquellen geben. Die erste sollte das Eingangssignal und die zweite das erwünschte Signal darstellen.

Adaptive Filter in der Biomedizin

Als Ausgangspunkt für unsere Algorithmus nutzen wir ein Anwendungsbeispiel aus der Biomedizin. Hier ist nicht das erwünschte Signal bekannt, sondern die Störquelle selbst, die dem Eingangssignal überlagert ist. In einem Beispiel aus der Vorlesung *Medizin Elektronik* von Professor Orglmeister [2] ist einem aufgenommenen EMG-Signal ein EKG-Signal überlagert. Dieses EKG-Signal soll aus dem EMG-Signal heraus gefiltert werden. Es wird also gezielt das EKG-Signal an einer Stelle gemessen, wo es besonders stark ist und wenig von dem EMG-Signals „mitbekommt“. Anschließend wird versucht das EKG-Signal aus dem Eingangssignal heraus zu filtern. Der

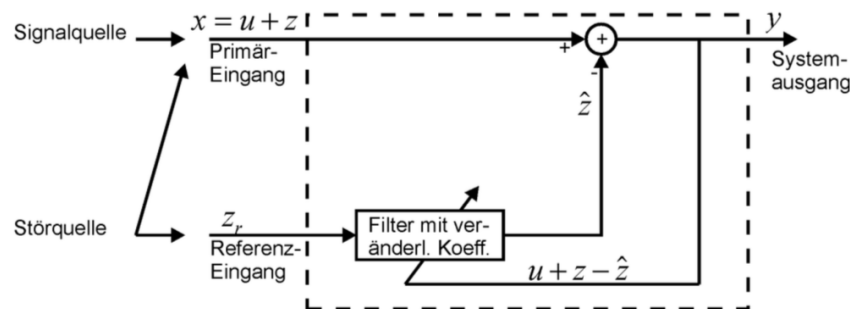


Abbildung 1: Konzept der adaptiven Filterung [2]

prinzipielle Aufbau ist der Abbildung 1 entnehmen. Hier ist die Signalquelle das EMG-Signal, das mit dem EKG-Signal überlagert ist und die Störquelle das an anderer Stelle aufgenommene EKG-Signal. Das Filter versucht nun die Störquelle zu schätzen und diese dann von der Signalquelle abzuziehen.

Algorithmus

Es gibt viele unterschiedliche Algorithmen, mit denen sich adaptive Filter realisieren lassen. In Moschytz sind das *Newton*-Verfahren, das *Gradienten*-Verfahren, der *LMS*-Algorithmus, der *RLS*-Algorithmus und mehr beschrieben. Da es sich bei uns um ein Echtzeitverfahren handelt, sollte der

Rechenaufwand für den Algorithmus möglichst gering bleiben. Dafür bot sich der LMS-Algorithmus an, da dieser sehr einfach zu implementieren und schnell ist. Der allgemeine Algorithmus läuft wie folgt ab:

Initialisierung: $w[0]=0, \mu > 0$

Berechnung zu jedem Zeitpunkt $k = 0, 1, 2, \dots$:

1. Filterausgangswerte: $y[k]=w^t[k]x[k]$
2. Fehlerwerte: $e[k]=d[k]-y[k]$
3. Aufdatierung des Koeffizientenvektors: $w[k+1]=w[k]+\mu e[k]x[k]$

Hier ist x das Eingangssignal, d das erwünschte Signal, e der Fehlerwert, w die Filterkoeffizienten und μ die Schrittweite. Ein Problem dieses Algorithmus ist, dass μ konstant ist und somit das Filter bei sich stark ändernden Eingangssignal instabil werden kann. Eine einfache Lösung bietet der sogenannte *normierte LMS-Algorithmus* (nLMS). Hierbei wird die Eingangsleistung geschätzt und die Schrittweit daran angepasst.

$$\mu[k]=\frac{\beta}{\gamma+x^t[k]x[k]}, 0<\beta<2$$

wobei γ eine kleine Sicherheitskonstante ist, die verhindern soll, dass μ sehr groß wird [1].

Umsetzung als Klangsintese

Wie schon erwähnt sind für diesen Typ von Filtern zwei Signalquellen notwendig. Für die Umsetzung nutzen wir zwei Klangquellen. Die erste ist für das Eingangssignal zuständig (hier Basis) und ist als einfacher Oszillator mit unterschiedlichen Wellenformen ausgeführt. Die zweite ist für die Störquelle zuständig (hier Störator genannt) und besteht aus drei Oszillatoren, die gegeneinander verstimmt werden können. Auch hier lässt sich die Wellenform ändern. Weiter lässt sich β auch manuell ändern. Das Filter arbeitet nach dem in Abbildung 1 dargestellten Prinzip.

Ergebnis und Ausblick

Klanglich erinnert die Klangsintese mittels adaptiven Filter eher eine additiven Klangsintese als einer subtraktiven. Es lassen sich jedoch recht neuartige Klänge erzeugen. Die Komplexität der Klänge kann erhöht werden, indem beide Signalquellen komplexere Wellenformen erzeugen. Dies könnte durch andere Sinteseformen, wie zum Beispiel FM-Sintese oder Physical Modeling geschehen. Veränderungen einiger Parameter mittels Hüllkurven und LFOs würden den Klang wesentlich interessanter machen. Denkbar wäre auch, wie in der FM-Sintese üblich, mehrerer Signalquellen, die sich auf unterschiedlich Weise beeinflussen. In der FM Sintese ist von Operatoren und Algorithmen die rede. Also ein Störator steuert den Filter eines Basissignals,

welches wieder als Störator eines zweiten Filters fungiert. Wir werden nach der Abgabe weiter an dem Projekt arbeiten, da wir ähnliche Konzepte noch nicht gefunden haben und mit den Ergebnissen äußerst zufrieden sind.

Literaturverzeichnis

- 1: G. Moschytz, M. Hofbauer, Adaptive Filter, 2000
- 2: R. Orglmeister, Grundlagen der Biomedizinischen Signalverarbeitung, 2019