

Optimierung und Analyse überabtastender, komplex-modulierter Filterbänke mit individuell verstärkten Teilbandsignalen

Thomas Kurbiel

ehemals Arbeitsgruppe Digitale Signalverarbeitung, Ruhr-Universität Bochum, 44780 Bochum

Das Thema der Dissertation sind überabtastende, komplex-modulierte Filterbänke mit individuell verstärkten Teilbandsignalen. Das Ziel der Arbeit besteht im Entwurf von Prototypfilterpaaren, welche eine geforderte Qualität des Ausgangs- und der Teilbandsignale einhalten. Darüber hinaus soll die gesamte Signalverzögerung der Filterbank möglichst klein gestaltet werden, wobei auch bei Verstärkung der Teilbandsignale frequenzabhängige, sprunghafte Änderungen der Signalverzögerung weitestgehend vermieden werden sollen.

Aus der Literatur sind nur Ansätze bekannt, welche eine ausreichende Signalqualität für den Fall einheitlicher Verstärkung der Teilbandsignale garantieren. Werden diese Prototypfilter in Filterbänken mit individuell verstärkten Teilbandsignalen eingesetzt, so wird eine ausreichende Signalqualität nicht bzw. erst bei sehr hohen Filterlängen erreicht.

Zunächst werden zwei unterschiedliche Gütemaße zur Beurteilung und zum Vergleich aller im Rahmen dieser Arbeit untersuchten und entwickelten Entwurfsalgorithmen eingeführt. Das erste Gütemaß ist der kanalabhängige Signal-Stör-Abstand (SNR) am Ausgang der Filterbank. Die kanalabhängige Definition des ersten Gütemaßes erlaubt eine Aussage über die Qualität des Ausgangssignals bei Verstärkung der Teilbandsignale. Das zweite Gütemaß ist der SNR in den Teilbandsignalen und dient der Messung des Aliasings in den Teilbandsignalen.

Es werden zwei Verfahren zum Entwurf reellwertiger Prototypfilterpaare überabtastender, komplex-modulierter Filterbänke mit individuell verstärkten Teilbandsignalen und vorgeschriebener Mindestqualität des Ausgangs- und der Teilbandsignale entwickelt. Das erste Verfahren, Verfahren nach Alfsmann und Kurbiel, beruht auf dem in erforschten Prinzip, über die spezifische Formgestaltung der Sperrdämpfungen beider Prototypfilter eine vorgeschriebene Signalqualität zu gewährleisten. Das Entwurfsverfahren ist nicht-iterativ und es besteht aus zwei konvexen, quadratischen Optimierungsproblemen mit Nebenbedingungen. Beim zweiten Verfahren, Verfahren mit iterativer Gewichtung, wird die geforderte Signalqualität über die Formung des Leistungsdichtespektrums des Störsignals am Ausgang der Filterbank (engl. noise shaping) erreicht. Das Verfahren besteht aus zwei iterativ ausgeführten strikt konvexen, quadratischen Teiloptimierungsproblemen mit Nebenbedingungen. Es implementiert zusätzliche Gewichtungsfaktoren, die in jeder Iteration modifiziert werden und damit die gewünschte Signalqualität erzielen.

Als Nächstes wird das Übertragungsverhalten von Filterbänken mit individuell verstärkten Teilbandsignalen untersucht. Anhand numerischer Beispiele wird aufgezeigt, dass das gewünschte Übertragungsverhalten von den meisten Prototypfilterpaaren nicht eingehalten wird. Zur Ergründung der Ursachen werden vereinfachende Approximationen für die Prototypfilter vorgestellt und darauf aufbauend eine hinreichende Bedingung für das Einhalten des gewünschten Übertragungsverhaltens hergeleitet. Darüber hinaus wird eine Kompensationsmethode erarbeitet, um stets das gewünschte Übertragungsverhalten zu garantieren. Abschließend wird der Einfluss der Kompensationsmethode auf die Qualität des Ausgangssignals untersucht.

Es werden strukturelle Modifikationen einer recheneffizienten Filterbank-Struktur vorgestellt, die für manche Prototypfilterpaare die Implementierung der Kompensationsmethode (ohne zusätzlichen Rechenaufwand) aus dem letzten Kapitel ermöglichen. Es erfolgt eine quantitative Abschätzung der Anzahl der Prototypfilterpaare, welche für die Implementierung der Modifikationen geeignet sind.

Anhand numerischer Beispiele erfolgt ein Vergleich aller in dieser Arbeit behandelten Entwurfsverfahren. Als Vergleichskriterien werden neben den beiden vorgestellten Gütemaßen, der Wert der gesamten Signalverzögerung, das Einhalten des gewünschten Übertragungsverhaltens bei Verstärkung der Teilbandsignale und der Rechenaufwand berücksichtigt.