

Kurzfassung

der Dissertation von Daniel Alfsmann:

„Beiträge zu robusten überabtastenden komplexen und hyperkomplexen Filterbanksystemen“

Viele Anwendungen in der digitalen Signalverarbeitung (DSV) erfordern eine Verarbeitung des Gesamtsignals in spektral getrennten Teilbandsignalen. Die dazu nötige spektrale Aufspaltung des Signals in die einzelnen Teilbandsignale, sowie die Rekonstruktion der verarbeiteten (und ggf. modifizierten) Teilbandsignale zu einem Gesamtsignal übernimmt dabei ein Filterbanksystem (FBS). In das FBS ist die Teilbandverarbeitung (TBV) integriert, in der die Teilbandsignale entsprechend der gewünschten Anwendung modifiziert werden. Hierbei ist zu beachten, dass bei einer (effizienten) Abtastratenumsetzung der Teilbandsignale im FBS grundsätzlich Störungen durch Aliasing und Imaging entstehen. Herkömmliche Verfahren zur Gewährleistung einer „perfekten Rekonstruktion“ des FBS vermögen diese Störungen nur im Fall unmodifizierter Teilbandsignale zu unterdrücken.

Ein bekanntes Anwendungsbeispiel für eine signifikante Modifikation der Teilbandsignale in der TBV sind digitale Hörhilfen, in denen die Teilbandsignale zum Ausgleich des jeweiligen Hörverlustes unterschiedlich stark verstärkt und komprimiert werden. Im Rahmen der Arbeit werden daher *robuste* FBS untersucht und entwickelt, die eine hinreichende Rekonstruktion des Gesamtsignals auch dann gewährleisten, wenn die Teilbandsignale in der TBV modifiziert werden. Dazu ist generell eine Überabtastung der Teilbandsignale erforderlich, womit das Gesamtsignal durch die Teilbandsignale redundant repräsentiert wird.

In einem ersten Teil der Arbeit werden die entstehenden Störungen in überabtastenden komplex modulierten FBS, bei denen alle Teilbandfilter der Filterbänke von jeweils nur einem Prototypfilter abgeleitet werden, im Detail analysiert. Basierend auf diesen Erkenntnissen wird ein neues Entwurfsverfahren mit Nebenbedingungen im Frequenzbereich entwickelt, für den erstmals ein gewünschter Signal-Stör-Abstand explizit vorgegeben werden kann. Im Vergleich mit bekannten Methoden aus der Literatur werden die qualitativen und numerischen Vorteile von FBS aufgezeigt, die mit diesem Verfahren entworfen werden.

In der DSV werden häufig komplexwertige Signale und Systeme verwendet, insbesondere in Hinblick auf eine vereinfachte Abwärtstastung und einer kompakten Basisbanddarstellung in digitalen Empfängern. Aus der Mathematik sind neben reellen und komplexen Zahlen auch höherdimensionale Algebren bekannt, deren Elemente aus mehr als zwei Komponenten bestehen. Diese d -dimensionalen *hyperkomplexen Zahlen*, $d \in \mathbb{N}$, weisen $d - 1$ Imaginärteile auf und stellen für $d > 2$ somit eine Erweiterung der Algebra der komplexen Zahlen dar. Hyperkomplexe Signale und Systeme wurden bisher fast ausschließlich in der Farb-Bildverarbeitung eingesetzt. In der Literatur wird bisher nur sehr vereinzelt auf die grundlegenden Möglichkeiten und Konsequenzen der Verwendung hyperkomplexer Zahlen in der DSV eingegangen.

Daher wird im zweiten Teil der Arbeit grundlegendes Wissen aus der Mathematik hinsichtlich (hyperkomplexer) Algebren in die DSV transferiert. Dabei wird eine Wahl auf die Algebren getroffen, welche besonders für die DSV geeignet sind. Die bei höherdimensionalen Algebren auftretenden Nullteiler werden hinsichtlich ihrer Konsequenzen und Möglichkeiten für eine effiziente DSV analysiert.

Basierend auf diesen Erkenntnissen werden zudem hyperkomplexe (robuste) FBS mit $d = 2^D$, $D \in \mathbb{N}$, Teilbändern entworfen, die im Gegensatz zu den komplex modulierten FBS aus dem ersten Teil eine freie spektrale Aufteilung der Teilbänder ermöglichen. Damit werden erstmals hyperkomplexe FBS mit $d > 4$ Teilbändern vorgestellt.