

Untersuchungen zur Abtastratenumsetzung in einem Multistandard-Empfänger für OFDM-basierte Rundfunksysteme

DISSERTATION

Florian Klingler

Kurzfassung Die Digitalisierung des Rundfunks hat im letzten Jahrzehnt eine Vielzahl neuer digitaler Rundfunk-Systemstandards hervorgebracht, die zumeist zu ihrer terrestrischen Ausstrahlung das Übertragungsverfahren OFDM¹ verwenden. Ein Gerät, das in der Lage ist, Signale verschiedener dieser Übertragungsstandards zu empfangen und zu verarbeiten, wird als Multistandard-Empfänger bezeichnet. In einem solchen OFDM-basierten Empfänger ist es vorteilhaft, wenn das digitalisierte Signal in einer für jeden Standard spezifischen Abtastrate vorliegt. Da der ADC² des Empfängers meist mit nur einem Quarz betrieben wird, muss diese systembedingte Abtastrate durch digitale Signalverarbeitung nachgebildet werden. Die Aufgabe, diese digitale Abtastratenumsetzung möglichst effizient zu realisieren, wird mit der vorliegenden Arbeit adressiert.

Eine Möglichkeit zur Minimierung des Realisierungsaufwands der Abtastratenumsetzung ist es, die verfügbaren Freiheitsgrade beim Systementwurf optimal einzusetzen. Hierzu ist es notwendig, die Auswirkungen einer nicht idealen Filterung auf die Qualität des Nutzsignals zu kennen. Es wird daher zum einen die Fähigkeit des Empfängers untersucht, den Inbandripple des digitalen Filters im Durchlassbereich zu detektieren und dessen Verzerrungen zu kompensieren. Zum anderen wird der Zusammenhang zwischen der verfügbaren Sperrdämpfung des Filters und der Verschlechterung der Signalqualität aufgrund eines benachbarten Störkanals hergestellt.

Es zeigt sich, dass die geforderte Abtastratenumsetzung besonders vorteilhaft durch eine quasi-kontinuierliche Interpolation mit abschnittsweise definierten Polynomen durchgeführt werden kann. Diese polynomiale Interpolation wiederum kann effizient durch eine sogenannte Farrow-Struktur oder eine ihrer Varianten realisiert werden. Eine bislang offene Frage war es jedoch, welche der verfügbaren Farrow-Strukturen für einen bestimmten Anwendungsfall verwendet werden sollte.

Um dies zu klären, erfolgt zunächst eine detailliert Analyse der unterschiedlichen Farrow-Strukturen. Im Speziellen wird ein besonderer Wert auf nicht-transponierte Farrow-Strukturen zur Reduktion der Abtastrate gelegt, da eine ausführliche Beschreibung dieses Typs in der Literatur bislang nicht verfügbar war. Um die Eigenschaften der Farrow-Strukturen optimal zu nutzen, ist es vorteilhaft, diese mit weiteren Abtastratenumsetzern zu kaskadieren. Hierzu wird ein vorausgehender Interpolator zur L -fachen Erhöhung und ein nachfolgender Dezimator zur M -fachen Verringerung der Abtastrate verwendet. Dieses dreistufige System wird nachfolgend als LAM -SRC³ System bezeichnet.

LAM -SRC Systeme besitzen zahlreiche Freiheitsgrade. Sie erlauben es hierdurch, den Aufwand der Filterung auf die drei Teilsysteme aufzuteilen und so zu einem System mit global minimalem Realisierungsaufwand zu gelangen. Zunächst werden die Amplitudengänge der verwendeten Filter in Abhängigkeit der polynomialen Interpolation spezifiziert. Dann werden Entwurfsalgorithmen entwickelt, die den Eigenschaften der verschiedenen Farrow-Strukturen angepasst werden können. Für Randbedingungen, wie sie für einen Multistandard-Empfänger relevant sind, werden in einer empirischen Fallstudie LAM -SRC Systeme mit unterschiedlichen Farrow-Strukturen miteinander verglichen und Kriterien zu deren Beurteilung aufgezeigt. Es zeigt sich, dass besonders dezimierende, nicht-transponierte Farrow-Strukturen eine Minimierung der Rechenleistung ermöglichen.

¹ OFDM: Orthogonal Frequency Division Multiplexing

² ADC: Analog-to-Digital Converter

³ SRC: Sample Rate Conversion