

Dipl.-Ing. Stephan Binde, München

# **Entwicklung und Implementierung schneller Adaptionsverfahren für die Echokompensation in Frequenzteilbändern**

Reihe **10**: Informatik/  
Kommunikationstechnik    Nr. **431**

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1	Zum Freisprechproblem . . . . .	1
1.2	Echokompensation in Frequenzteilbändern . . . . .	3
1.3	Schnelle Verfahren zur Echokompensation . . . . .	6
1.4	Anspruch und Zielsetzung der Arbeit . . . . .	10
<b>2</b>	<b>Schnelle Adaptionenverfahren</b>	<b>14</b>
2.1	Methode der LS-Schätzung . . . . .	14
2.2	Der RLS-Algorithmus . . . . .	17
2.3	Schnelle Transversalfilter-Algorithmen . . . . .	20
2.3.1	Fast Kalman Algorithmus . . . . .	21
2.3.2	Fast Transversal Filters Algorithmus . . . . .	27
<b>3</b>	<b>Stabilisierungsmethoden</b>	<b>32</b>
3.1	Fehlermodell . . . . .	33
3.2	Stabilisierung durch Rundungsfehlerrückkopplung . . . . .	38
3.2.1	Stabilisierung nach Benallal und Gilloire . . . . .	38
3.2.2	Stabilisierung nach Slock und Kailath . . . . .	42
3.3	Stabilisierung durch Leakage . . . . .	47
3.3.1	Stabilisierung nach Schütze und Ren . . . . .	47
3.3.2	Stabilisierung nach Binde . . . . .	51
3.4	Vergleichende Betrachtung der Stabilisierungsmethoden . . . . .	65
3.4.1	Anregung mit weißem Rauschen . . . . .	65
3.4.2	Anregung mit Sprache . . . . .	70
<b>4</b>	<b>Konvergenzverhalten</b>	<b>76</b>
4.1	Konvergenz im ungestörten Fall . . . . .	77
4.2	Einwirkung einer Störung . . . . .	80
4.3	Eine Adaptionsteuerung . . . . .	81
4.3.1	Vergleich von RLS und NLMS Algorithmus . . . . .	84

<b>5</b>	<b>Echtzeit-Realisierung</b>	<b>87</b>
5.1	Ein Multi-Signalprozessor-System zur Echtzeitrealisierung . . . . .	87
5.1.1	Architektur . . . . .	87
5.1.2	Signalprozessor DSP32C . . . . .	89
5.1.3	Speicherverfügbarkeit . . . . .	92
5.2	Zur Realisierung eines Teilbandsystems . . . . .	93
5.2.1	Vorüberlegungen . . . . .	93
5.2.2	Zur Filterstruktur . . . . .	94
5.2.3	Zum Rechenaufwand des Teilbandverfahrens . . . . .	102
5.3	Implementierungsaspekte . . . . .	104
5.3.1	Analyse und Synthese . . . . .	105
5.3.2	Kompensation, Adaption und Schwellensteuerung . . . . .	109
5.3.3	Adaptionssteuerung . . . . .	112
5.3.4	Rechenaufwand der Implementierung . . . . .	116
5.4	Meßergebnisse . . . . .	120
5.4.1	Meßaufbau . . . . .	120
5.4.2	Messungen mit Rauschanregung . . . . .	122
5.4.3	Messungen mit Sprachanregung . . . . .	124
5.4.4	Adaptionssteuerung . . . . .	127
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>128</b>
<b>A</b>	<b>Herleitungen zu Kapitel 2 und 3</b>	<b>131</b>
A.1	Gradient der LS-Kostenfunktion . . . . .	131
A.2	Minimale Summe der Schätzfehlerquadrate . . . . .	132
A.3	Herleitung des RLS-Algorithmus . . . . .	133
A.4	Minimale Summe der gewichteten Fehlerquadrate . . . . .	134
A.5	Inversen der partitionierten Korrelationsmatrizen . . . . .	135
A.6	Eigenschaften des Konversionsfaktors . . . . .	138
A.7	Herleitung des FTF-Algorithmus . . . . .	140
A.8	Eigenwerte des Teilsystems $A_{22}$ . . . . .	142
A.9	Eigenwerte des stabilisierten Teilsystems $A_{22}^s$ . . . . .	144
A.10	Differentiation nach den Elementen eines Vektors . . . . .	146
A.11	Differentiation nach einer komplexen Zahl . . . . .	147
A.12	Herleitung der Beziehungen (4.22a) und (4.22b) . . . . .	149
	<b>Verzeichnis der wichtigsten Formelzeichen und Abkürzungen</b>	<b>151</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>155</b>