

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Entwicklungen und Herausforderungen im zellularen Mobilfunk	1
1.2	Gliederung der Arbeit	4
2	Funkübertragungssysteme	7
2.1	Mehrantennensysteme	7
2.2	Orthogonal Frequency Division Multiplexing	8
2.3	Kanalmodell	12
2.4	Die Long Term Evolution/Frame-Struktur	13
2.4.1	Downlink Referenzsignale	15
2.4.2	Synchronisationssignale	16
2.4.2.1	Primary Synchronization Channel	17
2.4.2.2	Secondary Synchronization Channel	18
2.5	Grundlegende Funktionsblöcke eines MIMO-OFDM-Empfängers	18
2.5.1	Empfängerstruktur	18
2.5.2	Signalverarbeitungsblöcke	20
3	Prototypenentwurf	23
3.1	Anwendungen und Architekturen von Prototypensystemen	23
3.1.1	Architekturen digitaler integrierter Schaltungen	24
3.1.1.1	Digitaler Signalprozessor	24
3.1.1.2	Field Programmable Gate Array	26
3.1.2	Hardwareaufbau des Prototypensystems	27
3.1.2.1	DSP-FPGA-Module	27
3.1.2.2	Bus System/Kommunikation	27
3.2	Implementierungsstrategien in der digitalen Signalverarbeitung	28
3.2.1	Festkommazahlen-Darstellung	29
3.2.2	Abschätzungen zur Rechenleistung	30

3.2.3	Algorithmentransformation	33
3.2.3.1	Diagramme/Graphen zur Darstellung von DSV-Algorithmen	33
3.2.3.2	Transformationsstrategien und spezielle Architekturen	34
4	Parameterschätzung und Synchronisation	39
4.1	Synchronisationseffekte	40
4.1.1	Zeitversatz	40
4.1.2	Frequenzversatz	43
4.1.3	Abtastzeitpunktversatz	46
4.2	Korrelationsbasierte Synchronisationsverfahren	47
4.2.1	CP-basierte Maximum Likelihood Schätzung	48
4.2.2	PSCH-Signal-basierte Schätzung	51
4.2.2.1	Autokorrelation/Reverse Autokorrelation	54
4.2.2.2	Kreuzkorrelation	57
4.3	Hybrides Synchronisationsverfahren	61
4.3.1	Implementierungsaspekte: Hybrider Synchronisationsalgorithmus	67
4.4	Kanalschätzung	70
4.4.1	LS-OFDM Kanalschätzung	71
4.4.2	Interpolationsverfahren	72
4.4.2.1	Lineare Interpolation	72
4.4.2.2	Kubische Spline Interpolation	73
4.4.2.3	Performance-Vergleich zwischen der linearen und der kubischen Spline Interpolation	76
4.4.3	Implementierungsaspekte: Kubische Spline Interpolation	78
5	Datendetektion	83
5.1	Maximum Likelihood Detektion	86
5.2	Lineare Detektionsverfahren	86
5.3	Successive Interference Cancellation	87
5.4	Iterative Baumsuchverfahren	88
5.4.1	Reellwertzerlegung	90
5.4.2	QR-Zerlegung	93
5.4.2.1	Givens Rotation	93
5.4.2.2	Alternative Ansätze zur Standard Givens Rotation	95
5.4.2.3	Systolische Arrays bei der QR-Zerlegung	97
5.4.2.4	Implementierungsaspekte: QR-Zerlegung	99
5.4.3	Partielle Euklidische Distanz	105
5.4.4	Sphere Detektor	109
5.4.4.1	Komplexe Zahlenebene vs. Reellwertzerlegung	112
5.4.5	K-Best Detektor	117
5.4.5.1	Modifizierte partielle Euklidische Distanz	118

5.4.5.2	Sortierungsstrategien/-algorithmen	124
5.4.5.3	Implementierungsaspekte: K ⁺ -Best Detektor	125
6	Zusammenfassung	133
A	Synchronisation	137
A.1	Delayprofile	137
B	Optimierte PED Berechnung	139
B.1	Optimierte PED Berechnung für QAM64	139
B.2	Optimierte PED Berechnung für einen parallelen SE-SD	141
	Abkürzungsverzeichnis	145
	Literaturverzeichnis	149