

Inhaltsverzeichnis

Bildverzeichnis	IX
Tabellenverzeichnis	XV
1. Einleitung	1
1.1. Motivation	1
1.2. Grundlagen	5
1.2.1. Einleitung	5
1.2.2. Grundbegriffe und Notation	6
1.2.3. Prinzip der Mehrträgermodulation	15
1.2.4. Allgemeines zeitdiskretes Basisbandmodell	26
1.2.5. Synthese- und Analysefilterbänke	31
1.2.6. Komplex modulierte Filterbänke	47
1.3. Stand der Technik	64
1.3.1. Einleitung	64
1.3.2. OFDM	64
1.3.3. WOLA-OFDM	74
1.3.4. UFMC	77
1.3.5. f-OFDM	79
1.3.6. FBMC	80
1.3.7. Nicht-orthogonale Mehrträgermodulation	86
1.4. Kritik am Stand der Technik	88
1.5. Beiträge der Arbeit	92
2. Vielfachzugriff	97
2.1. Einleitung	97
2.2. Grundprinzipien des Vielfachzugriffs	97
2.3. Synchroner Vielfachzugriff mit OFDMA	99
2.3.1. OFDMA-Grundprinzip	99
2.3.2. Organisation der Zeit-Frequenz-Ressourcen	100
2.3.3. Ressourcenzuweisung	103
2.3.4. Orthogonalität der Teilnehmersignale	107
2.3.5. Einfluss des Übertragungskanals und des Dopplereffekts	108
2.3.6. Frequenzfehler und Trägerfrequenzversatz	109
2.3.7. Synchronisierung in 4G- und 5G-Netzen	109

XVII

2.4. Asynchroner Vielfachzugriff	112
2.4.1. Motivation für asynchronen Vielfachzugriff	112
2.4.2. NOMA	113
2.4.3. Anwendungsfälle für NOMA	115
2.4.4. FBMC-basierter asynchroner Vielfachzugriff	116
3. Nicht-orthogonale Mehrträgermodulation	119
3.1. Einleitung	119
3.2. Basisbandsignalverarbeitung im Vergleich zum Stand der Technik	120
3.3. Kanalcodierung und Decodierung nach 3GPP TS 38.212	124
3.3.1. Kanalcodierung	124
3.3.2. Kanaldecodierung	132
3.4. Abbildung auf die komplexen Datensymbole	134
3.4.1. Symbolabbildung nach 3GPP TS 38.211	134
3.4.2. Inverse Symbolabbildung und Erzeugung der Zuverlässigkeit-information	135
3.5. DMRS nach 3GPP TS 38.211	137
3.6. Kanalschätzung und Detektion in Mehrträgersystemen	138
3.6.1. Kanalschätzung	138
3.6.2. Detektion	143
3.7. Entwurf komplex modulierter Filterbänke	145
3.7.1. Einleitung	145
3.7.2. Intrinsische Interferenz	146
3.7.3. Außerbandleistung	154
3.7.4. Geschlossene Lösungen für den Prototypfilter-Entwurf	156
3.7.5. Numerische Lösungen für den Prototypfilter-Entwurf	160
3.7.6. Analyse der entworfenen Prototypfilter	162
3.8. Iterative Soft-Input/Soft-Output Interferenzunterdrückung	168
3.8.1. Einleitung	168
3.8.2. Funktionsprinzip der iterativen Empfängerstufe	169
3.8.3. Codewort-LLR Erzeugung	173
3.8.4. Interferenzschätzung	173
3.8.5. Schätzung der Störsignalleistung	178
3.8.6. Analyse der iterativen Interferenzunterdrückung	180
3.9. Empfängerkomplexität	184
3.9.1. Annahmen bei der Komplexitätsabschätzung	184
3.9.2. Komplexität der Kanalschätzung	187
3.9.3. Komplexität der Detektion	187
3.9.4. Komplexität der Schätzung der Rausch- und Störsignalleistung	187
3.9.5. Komplexität der inversen Symbolabbildung	188
3.9.6. Komplexität der Interferenzschätzung	188
3.9.7. Komplexität der Kanalmodellierung	189
3.9.8. Komplexität der Decodierung	189
3.9.9. Komplexität der OFDM-Demodulation und der AFB	190

3.9.10. Vergleich der Empfängerkomplexität mit dem Stand der Technik	191
3.10. Implementierungsaspekte	193
4. Analyse der nicht-orthogonalen Mehrträgerübertragung im Vielfachzugriff	201
4.1. Einleitung	201
4.2. Bewertung der nicht-orthogonalen Mehrträgermodulation im asynchronen Vielfachzugriff	205
4.2.1. Einfluss des Prototypfilters	205
4.2.2. Leistungsfähigkeit der iterativen Kanalschätzung	207
4.2.3. Vergleich von Soft-Decision und Hard-Decision basierter iterativer Interferenzunterdrückung	207
4.3. Vergleich mit dem Stand der Technik	209
4.3.1. Synchroner Vielfachzugriff	209
4.3.2. Asynchroner Vielfachzugriff	214
5. Zusammenfassung und Ausblick	237
5.1. Zusammenfassung	237
5.2. Ausblick	238
A. Implementierte Modulations- und Codierungsschemata	241
B. Abbildungsvorschriften für Binärfolgen auf komplexe Datensymbole	243
B.1. QPSK	243
B.2. 16-QAM	243
B.3. 64-QAM	243
Abkürzungsverzeichnis	245
Liste häufig verwendeter Symbole	249
Schrifttum	257