

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Datenübertragung mit DOCSIS	5
2.1	Frequenzbereiche und Full-Duplex	5
2.2	Low-Density-Parity-Check-(LDPC)-Codes	8
2.3	Quadrature Amplitude Modulation (QAM)	10
2.4	Framestruktur	11
2.5	Orthogonal Frequency-Division Multiplexing (OFDM)	13
2.6	Kanalmodelle für HFC-Netze	16
3	Simulationsumgebung PHYSIM	17
3.1	Softwarearchitektur	17
3.2	Grafische Oberfläche	19
4	Grenzen des DOCSIS-Downstreams	23
4.1	Spektrale Effizienz im AWGN-Kanal	23
4.1.1	Definition der Shannon-Grenze	24
4.1.2	Definition des quasi-fehlerfreien Empfangs	24
4.1.3	Einfluss der BICM-Kette	28
4.1.4	Einfluss der Guard Bands	32
4.1.5	Einfluss des Cyclic Prefix	34
4.1.6	Einfluss der Signalisierungsträger	35
4.1.7	Analyse anhand von Beispiel-Konfigurationen	38
4.1.8	Spektrale Effizienz der bestmöglichen Parameter-Konfigurationen	41
4.2	Spektrale Effizienz in Echokanälen	43
4.2.1	Modulation Error Ratio (MER)	45
4.2.2	Spektrale Effizienz der bestmöglichen Parameter-Konfigurationen	46
4.3	Synchronisierung mithilfe des Cyclic Prefix	49
4.3.1	Schätzung des Timing Offsets	49
4.3.2	Schätzung des Fine Frequency Offsets	50
4.4	Komplexität	53

4.5	Ansätze zur Optimierung	54
5	Optimierung A1: Verbesserung des bestehenden Physical Layers	55
5.1	Längere LDPC-Codes	55
5.2	OFDM ohne Cyclic Prefix	57
5.3	Neue Framestruktur	61
5.3.1	Adaption des ATSC-3.0-Bootstraps	61
5.3.2	Beispiel: Synchronisierung mithilfe der neuen Framestruktur	65
5.4	Auswirkungen auf die Anzahl der Signalisierungsträger	70
5.5	Auswirkungen auf die spektrale Effizienz	72
5.6	Auswirkungen auf die Komplexität des Demodulators	73
5.7	Auswirkungen auf die Latenz der Übertragung	74
6	Optimierung A2: Entwurf eines neuartigen Physical Layers	77
6.1	Einsatz einer modifizierten ATSC-3.0-BICM-Kette	77
6.1.1	Verbesserte LDPC-Matrizen	78
6.1.2	Ungleichförmige Konstellationen	81
6.1.3	Anpassungen für HFC-Netze	83
6.2	FBMC/OQAM statt OFDM	86
6.2.1	FBMC/OQAM-Modulation	87
6.2.2	Übersicht typischer FBMC-Filter	91
6.2.3	Optimierung von FBMC-Filtern	92
6.3	Reduktion der Guard Bands	98
6.4	Neue Framestruktur	99
6.5	Auswirkungen auf die spektrale Effizienz	103
6.6	Auswirkungen auf die Komplexität des Demodulators	107
6.7	Auswirkungen auf die Latenz der Übertragung	109
7	Vergleich der Optimierungsansätze	111
8	Zusammenfassung und Ausblick	113
	Abkürzungen	117
	Symbole	119
	Literatur	127
	Veröffentlichungen und Vorträge des Autors	139
	Vom Autor betreute studentische Arbeiten	141