

Elke Offer, Gilching

# **Decodierung mit Qualitäts- information bei verketteten Codiersystemen**

Reihe **10**: Informatik/  
Kommunikationstechnik Nr. **443**

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Grundlagen</b>	<b>4</b>
2.1	Aufbau des digitalen Übertragungssystems . . . . .	4
2.2	Überlegungen zur Verkettung von Codes . . . . .	7
2.3	Log-Likelihood Algebra . . . . .	13
2.4	Beschreibung linearer, binärer Blockcodes . . . . .	16
2.5	Beschreibung binärer Faltungscodes . . . . .	21
<b>3</b>	<b>‘Soft-In/Soft-Out’ Decodieralgorithmen</b>	<b>30</b>
3.1	‘Soft-In/Soft-Out’ Decoder für lineare, binäre Blockcodes . . . . .	31
3.1.1	‘Symbol-by-Symbol’ MAP Decoder I: Verwendung des originalen Codes in der Decodierregel nach Bahl <i>et al.</i> (Bahl-Algorithmus) . . . . .	31
3.1.2	‘Symbol-by-Symbol’ MAP Decoder II: Verwendung des originalen Codes in der erweiterten Decodierregel nach Battail <i>et al.</i> (Erweiterter Battail-Algorithmus) . . . . .	36
3.1.3	‘Symbol-by-Symbol’ MAP Decoder III: Verwendung des Dualcodes in der erweiterten Decodierregel nach Battail <i>et al.</i> , Hartmann und Rudolph (‘Symbol-by-Symbol’ Dual-MAP Algorithmus) . . . . .	38
3.1.4	‘Symbol-by-Symbol’ MAP Decoder für den einfachen Parity Check Code und den Wiederholungscode . . . . .	46
3.1.5	Suboptimaler ‘Symbol-by-Symbol’ MAP Decoder für einstufig orthogonalisierbare Blockcodes . . . . .	47
3.1.6	‘Soft-In/Soft-Out’ Decoder für Reed-Muller Codes . . . . .	51

3.2	'Soft-In/Soft-Out' Decoder für binäre Faltungscodes . . . . .	58
3.2.1	'Symbol-by-Symbol' MAP Decoder I: Verwendung des originalen Codes in der Decodierregel nach Bahl <i>et al.</i> (Bahl-Algorithmus) . . . . .	58
3.2.2	'Symbol-by-Symbol' MAP Decoder II: Verwendung des Dualcodes in der erweiterten Decodierregel nach Battail <i>et al.</i> , Hartmann und Rudolph ('Symbol-by-Symbol' Dual-MAP Algorithmus) . . . . .	60
3.2.3	'Soft-In/Soft-Out' Viterbi-Algorithmus (SOVA) für Faltungscodes mit binärem Trellis . . . . .	61
3.3	Zusammenfassung . . . . .	65
<b>4</b>	<b>Informationstheoretische Betrachtung verketteter Codiersysteme</b>	<b>67</b>
4.1	Kanalkapazität und äquivalenter Ersatzkanal . . . . .	68
4.2	Decodiersysteme mit innerem Sequenz MAP Decoder . . . . .	75
4.3	Decodiersysteme mit innerem 'Symbol-by-Symbol' MAP Decoder . . . . .	77
4.4	Decodiersysteme mit innerem 'Soft Decision' ML Decoder . . . . .	80
4.5	Ergebnisse . . . . .	81
<b>5</b>	<b>Verkettete Codiersysteme mit Reed-Solomon (RS) Codes und Faltungscodes</b>	<b>89</b>
5.1	Einführung . . . . .	90
5.2	Überblick über frühere und verwandte Arbeiten . . . . .	92
5.3	Zuverlässigkeitsinformation und RS Codes . . . . .	97
5.4	Iterative Decodierung . . . . .	98
5.4.1	Allgemeines Prinzip der iterativen Decodierung . . . . .	98
5.4.2	'Interleaver'-Design . . . . .	100
5.5	Verbesserungen des NASA/ESA Standardcodiersystems für Raumflugmissionen	104
5.5.1	Überblick . . . . .	104
5.5.2	Standardcodiersystem . . . . .	105
5.5.3	Änderungen auf der Empfangsseite . . . . .	106
5.5.4	Änderungen auf der Sende- und der Empfangsseite . . . . .	107
5.5.5	Verbesserungsstrategien und die Übertragung von Bildern . . . . .	109
5.6	Zusammenfassung . . . . .	109

<b>6</b>	<b>Iterative Decodierung zwei-dimensionaler, systematischer Codes</b>	<b>112</b>
6.1	Überblick über frühere und verwandte Arbeiten . . . . .	113
6.2	Prinzipielle Vorgehensweise . . . . .	115
6.2.1	Einführungsbeispiel . . . . .	116
6.2.2	Allgemeiner Aufbau mit systematischen Blockcodes . . . . .	118
6.2.3	Allgemeiner Aufbau mit systematischen Faltungscodes . . . . .	119
6.2.4	Verallgemeinerungen . . . . .	121
6.3	Simulationsergebnisse . . . . .	122
6.3.1	Faltungs-Faltungscodes . . . . .	122
6.3.2	Block-Blockcodes . . . . .	125
6.3.3	Diskussion der Simulationsergebnisse . . . . .	126
6.4	Zusammenfassung . . . . .	129
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>130</b>
<b>A</b>	<b>Distanzspektren verschiedener Faltungscodes</b>	<b>134</b>
<b>B</b>	<b>Herleitung der Symmetrie-Eigenschaft des äquivalenten Ersatzkanals für Decodiersysteme mit innerem Sequenz MAP Decoder</b>	<b>139</b>
<b>C</b>	<b>Herleitung der Symmetrie-Eigenschaft des äquivalenten Ersatzkanals für Decodiersysteme mit innerem ‘Symbol-by-Symbol’ MAP Decoder</b>	<b>143</b>
<b>D</b>	<b>Herleitung der Symmetrie-Eigenschaft des äquivalenten Ersatzkanals für Decodiersysteme mit innerem ‘Soft Decision’ ML Decoder</b>	<b>149</b>
<b>E</b>	<b>Wichtige Formelzeichen und Abkürzungen</b>	<b>151</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>157</b>