

Kanalkodierung

Mögliche Aufgaben für Erhalt eines Leistungsnachweises

BCH-Kodes mit klassischer hard-decision Dekodierung garantieren bei ausreichender Dimensionierung ($k_1 = \text{grad } M(x), f_k$) eine korrekte Rekonstruktion für $w(e) \leq f_k$ und Dekodierungsversagen für $w(e) > f_k$.

Moderne Kodes wie Turbo- und LDPC-Kodes verwenden iterative Dekodierungsalgorithmen zur Rekonstruktion und erreichen damit Leistungen Richtung Shannon-Grenze.

Lassen sich für klassische Kodebeschreibungen und Anwendung iterativer Dekodierung auch Vorteile ableiten?

Folgende Fragen sind zu beantworten:

- Ist mit Anwendung iterativer Dekodierungsalgorithmen (hard, hybrid oder soft) auch eine korrekte Rekonstruktion über f_k hinaus möglich? Simulationszeiten?
- Wie verteilen sich die Rekonstruktionsergebnisse (korrekt, falsch, Dekodierungsversagen)?
- Unter welchen Annahmen sind Verbesserungen denkbar? Welche Rolle spielen $w(h(x))$, n , R , γ und ρ ?

Verwenden Sie AWGN Rauschen:

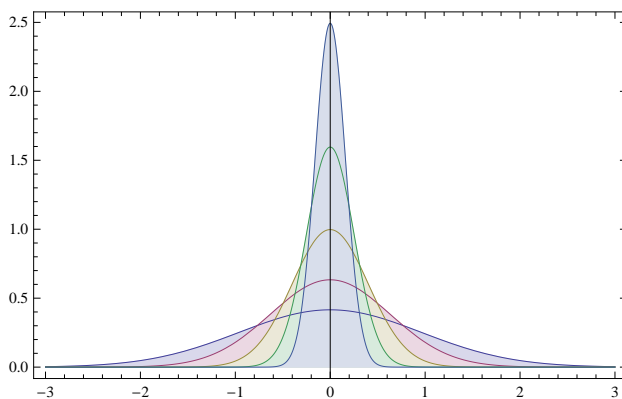
$$y_j = x_j + z_j \text{ mit } x_j \in \{+1, -1\}, z_j = ZZ_{NV[0, \sigma^2]}, y_j \in \mathbb{R}.$$

Die Zufallsvariable ist (μ, σ^2) -normalverteilt mit $\mu = 0$ (Erwartungswert) und σ^2 (Rauschvarianz).

$$\text{Die Rauschvarianz } \sigma^2 \text{ für } \frac{E_b}{N_0} \text{ in [dB] ergibt sich mit } \sigma^2 = \frac{1}{2 R 10^{\frac{E_b}{N_0} [dB]/10}}.$$

mathematica:

```
bM = Table[1 + RandomReal[NormalDistribution[0, sigma^2], {i, n}];
```



$\frac{E_b}{N_0} [dB]$	0.18	2	4	6	8
σ^2	0.96	0.63	0.40	0.25	0.16

, $R = \frac{1}{2}$

Denkbares Szenario

$a = \mathbf{0} \rightarrow a_M = \{+1\}^n$, N Simulationen b_M je $\frac{E_b}{N_0}[dB]$:

soft-decision b_M : $\frac{|b_{\text{korrr}} \neq a|}{N} \rightarrow$ Graphik: WER = $f\left(\frac{E_b}{N_0}[dB]\right)$? (WER[word error rate])

hard-decision b_h : Klassisch NUR für $\frac{|d(\mathbf{a}, \mathbf{b}_h) = w(\mathbf{e}) \leq f_k|}{N}$ korrekte Rekonstruktion!

Nutze zum Einstieg auch die iterativen Umsetzungen auf der www-Seite!

Wähle aus folgenden Tabellen eine Kodebeschreibung zur Untersuchung:

Orthogonale Kontrollmatrizen $H_{n \times n}$:

(n, l, d_{\min})	$h(x), d_{\min} = w(h(x) + 1)$
(63,31,7)	$1 + x + x^3 + x^7 + x^{15} + x^{31}$
(73,45,10)	$1 + x + x^3 + x^7 + x^{15} + x^{31} + x^{36} + x^{54} + x^{63}$
(73,45,10)	$1 + x^2 + x^{10} + x^{24} + x^{25} + x^{29} + x^{36} + x^{42} + x^{45}$
(93,47,8)	$x^2 + x^5 + x^{11} + x^{23} + x^{30} + x^{47} + x^{61}$
(105,53,8)	$1 + x^4 + x^{30} + x^{32} + x^{45} + x^{46} + x^{53}$
(273,191,18)	$1 + x^{18} + x^{24} + x^{46} + x^{50} + x^{67} + x^{103} + x^{112} + x^{115} + x^{126} + x^{128} + x^{159} + x^{166} + x^{167} + x^{186} + x^{196} + x^{201}$
(63,31,7)	$g(x) = m_5 m_{11} m_{15} m_{21} m_{23} m_{31} = x^{32} + x^{16} + x^8 + x^4 + x^2 + x + 1$ $h(x) = x^{31} + x^{15} + x^7 + x^3 + x + 1$
(63,37,9)	$g(x) = m_5 m_7 m_{11} m_{15} m_{21} = x^{26} + x^{21} + x^{16} + x^{14} + x^{10} + x^6 + x^4 + x^2 + 1$ $h(x) = x^{37} + x^{32} + x^{25} + x^{22} + x^{21} + x^8 + x^2 + 1$

Nicht-orthogonale BCH-Beschreibungen $H_{k \times n}$:

(n, l, d_{\min})	$h(x) = (x^n + 1)/g(x), d_{\min} \neq w(h(x) + 1)$
(63,36,11)	$g(x) = m_1 m_3 m_5 m_7 m_9, w(g(x)) = 11$ $= x^{27} + x^{22} + x^{21} + x^{19} + x^{18} + x^{17} + x^{15} + x^8 + x^4 + x + 1$ $h(x) = x^{36} + x^{31} + x^{30} + x^{28} + x^{27} + x^{21} + x^{19} + x^{18} + x^{14} + x^{12} + x^{11} + x^{10} + x^7 + x^5 + x^3 + x^2 + x + 1, w(h(x)) = 18$
(63,30,13)	$g(x) = m_1 m_3 m_5 m_7 m_9 m_{11}, w(g(x)) = 21$ $h(x) = x^{30} + x^{29} + x^{28} + x^{25} + x^{23} + x^{20} + x^{19} + x^{18} + x^{17} + x^{16} + x^{14} + x^{13} + x^{10} + x^5 + x^4 + x^3 + x + 1, w(h(x)) = 18$
(127,78,15)	$g(x) = m_1 m_3 m_5 m_7 m_9 m_{11}, w(g(x)) = 32$ $h(x) = x^{78} + x^{76} + x^{73} + x^{72} + x^{64} + x^{63} + x^{56} + x^{55} + x^{54} + x^{53} + x^{50} + x^{49} + x^{46} + x^{44} + x^{40} + x^{38} + x^{34} + x^{33} + x^{32} + x^{29} + x^{28} + x^{27} + x^{26} + x^{24} + x^{22} + x^{20} + x^{15} + x^{14} + x^9 + x^8 + x^6 + x^3 + x, w(h(x)) = 33$

Wende eine der folgenden Kombinationen von Dekodierungsverfahren auf die gewählte Kodebeschreibung an:

modified WBF (MWBF) mit α -Anpassung

improved MWBF (IMWBF) mit α -Anpassung

hard/soft reliability-based iterativer MLG (setzt $H_{n \times n}$ voraus!)

min-sum/normalized min-sum mit α -Anpassung

Zur Schließung der Lücke zwischen bit-flipping (BF) (hard-decision Dekodierungsverfahren, GALLAGER 1962) **und soft-decision Dekodierungsverfahren** wurden hybride hard/soft reliability-based Algorithmen vorgeschlagen. Diese beziehen neben den hard-Werten auch die Zuverlässigkeiten der Empfangswerte (Signalwerte) in den Berechnungsablauf ein. Die folgenden Beiträge zeigen weitere Modifizierungen auf. Beschreiben Sie eine der Erweiterungen und zeigen Sie mögliche Verbesserungen an einem Beispiel auf:

- M.K. Roberts, R. Jayabalan. *An Improved Low Complex Hybrid Weighted **Bit-Flipping** Algorithm for LDPC Codes*. 2014
- J. Jung, et al. *Multi-Bit Flipping Decoding of LDPC Codes for NAND Storage Systems*. 2017 IEEE Comm. Letters
- X. Wu, Y. Song, et al. *Adaptive-Normalized/Offset **Min-Sum** Algorithm*. 2010 IEEE
- Yo. Jung, Yu. Jung, et al. *New Min-Sum LDPC Decoding Algorithm Using SNR-Considered Adaptive Scaling Factors*. 2014
- J. Lim, et al. *A novel bit flipping decoder for systematic LDPC codes*. IEICE 2017
- T.M.N. Ngatched, A.S. Alfa, et al. *An Improvement on the Soft Reliability-Based Iterative **Majority-Logic** Decoding Algorithm for LDPC Codes*. 2010
- M. Liu, L. Zhang. *Iterative hybrid decoding algorithm for LDPC codes based on attenuation factor*. Front. Electr. Electron. Eng. 2012
- H. Chen, L. Luo, et al. *The modified reliability-based iterative majority-logic decoding algorithm with non-uniform quantization*. 2013 IEEE