

Polar Codes for Software Radio

Vortrag zur Masterarbeit

Johannes Demel | 9.12.2015

COMMUNICATIONS ENGINEERING LAB (CEL)



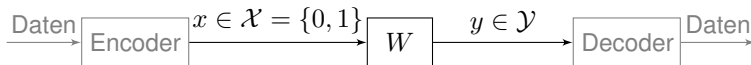
- Polar Codes sind eine neue Familie von Codes zur Kanalkodierung
- Konkurrenz zu LDPC Codes

- Warum neue Codes für die Kanalkodierung?
 - Shannon Kapazität erreichen
 - Höhere Datenrate
 - Durchsatz steigern

- Welche Plattform wird wichtig sein?
 - Basisstation Virtualisierung
 - Software Radio
 - GNU Radio

- 1 Theorie
 - Grundlagen
 - Encoder & Decoder
 - Kanalpolarisierungseffekt
- 2 Implementierung
 - Systemkomponenten
 - Polar Code Performance
- 3 Zusammenfassung

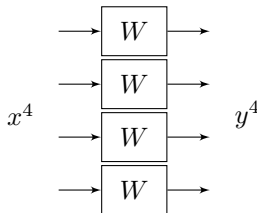
- Kanalmodell für Polar Codes
- binärer symmetrischer DMC



\mathcal{Y} ist kanalabhängig

Vektorkanal

Sende x^N durch W^N , empfangen y^N



Erdal Arikan 2009

Channel Polarization: A Method for Constructing Capacity-Achieving Codes for Symmetric Binary-Input Memoryless Channels

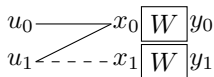
Eigenschaften

- Blockcode
- nutzen Kanalpolarisierungseffekt
- asymptotisch gut
- erreichen Kanalkapazität

Beschreibung

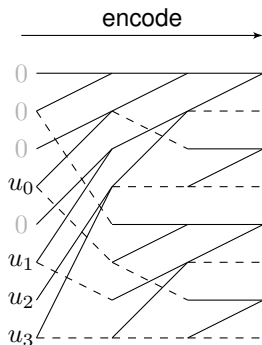
- Blockgröße ($N = 2^m$)
- Anzahl Informationsbits (k)
- Frozen Bit Werte ($u_{\mathcal{A}^C}$)
- Positionen der Frozen Bits (\mathcal{A}^C)

■ Grundlegende Operation

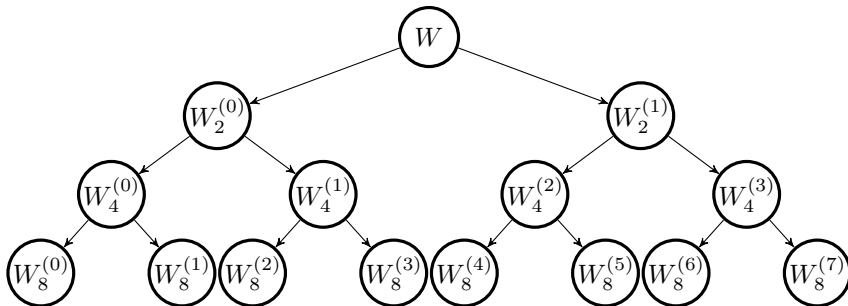


- Kanalkonstruktion
Bestimme Frozen Bit Positionen \mathcal{A}^c
- Frozen Bits und Informationsbits
bilden Sourcewort

■ Beispiel $N = 8, k = 4, R = 0.5$



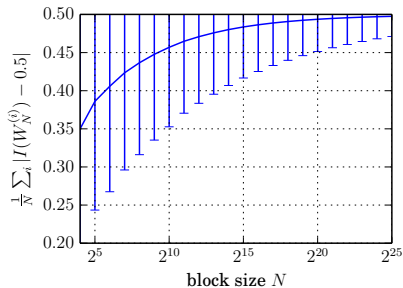
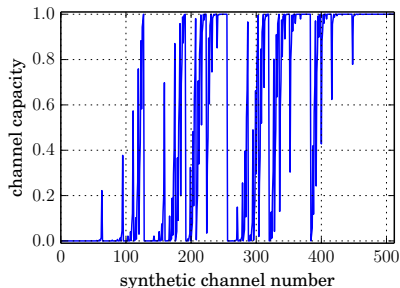
- Rekursiver Baum zur Kanalkonstruktion für synthetische Kanäle $u_i \rightarrow \hat{u}_i$



$$W_{2N}^{(2i)}(y^{2N}, u^{2i} | u_{2i}) = \frac{1}{2} \sum_{u_{2i+1} \in \mathcal{X}} W_N^{(i)}(y_0^N, u_{0,e}^{2i} + u_{0,o}^{2i} | u_{2i} + u_{2i+1}) \cdot W_N^{(i)}(y_N^{2N}, u_{0,o}^{2i} | u_{2i+1}) \quad (1)$$

$$W_{2N}^{(2i+1)}(y^{2N}, u^{2i+1} | u_{2i+1}) = \frac{1}{2} W_N^{(i)}(y_0^N, u_{0,e}^{2i} + u_{0,o}^{2i} | u_{2i} + u_{2i+1}) \cdot W_N^{(i)}(y_N^{2N}, u_{0,o}^{2i} | u_{2i+1}) \quad (2)$$

■ Kapazitäten der synthetischen Kanäle



■ BEC mit $N = 2^9 = 512$

- BEC mit Kanalkapazität 0.5
- mittlerer Abstand der Kapazität vom angenommenen Kanal
- Standardabweichung

■ Successive Cancellation (SC) Algorithmus

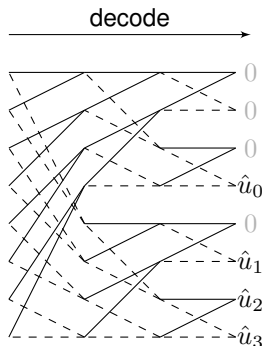
$$\begin{aligned}
 l(y_0) &= l_a \xrightarrow{\text{solid}} \hat{u}_0 \\
 l(y_1) &= l_b \xrightarrow{\text{dashed}} \hat{u}_1
 \end{aligned}$$

■ Gleichung für durchgezogene Linie

$$f(l_a, l_b) = \text{sign}(l_a) \text{sign}(l_b) \min(|l_a|, |l_b|)$$

■ Gleichung für gestrichelte Linie

$$g(l_a, l_b, \hat{u}) = (-1)^{\hat{u}} l_a + l_b$$



1 Theorie

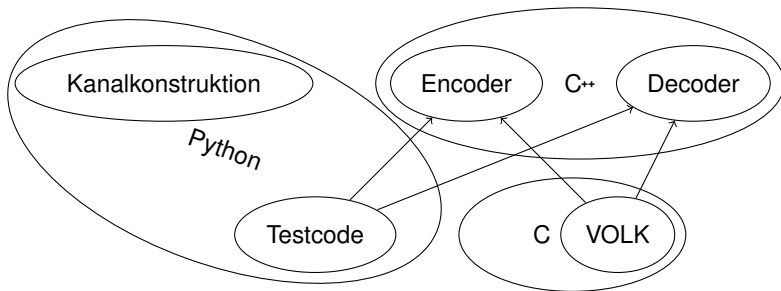
- Grundlagen
- Encoder & Decoder
- Kanalpolarisierungseffekt

2 Implementierung

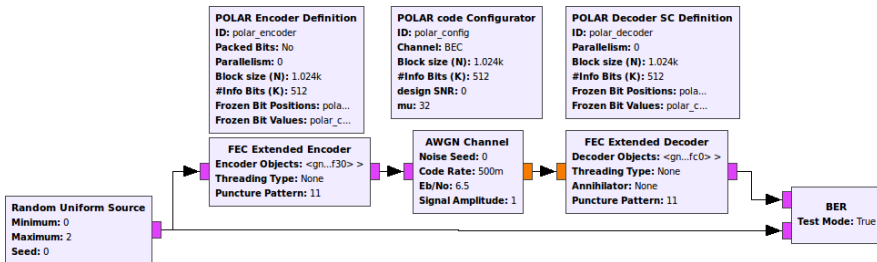
- Systemkomponenten
- Polar Code Performance

3 Zusammenfassung

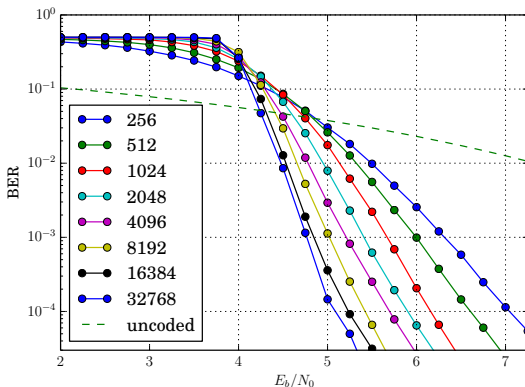
- In GNU Radio implementierte Komponenten



■ GNU Radio Flowgraph für BER Simulationen



Fehlerkorrekturfähigkeit und Durchsatz

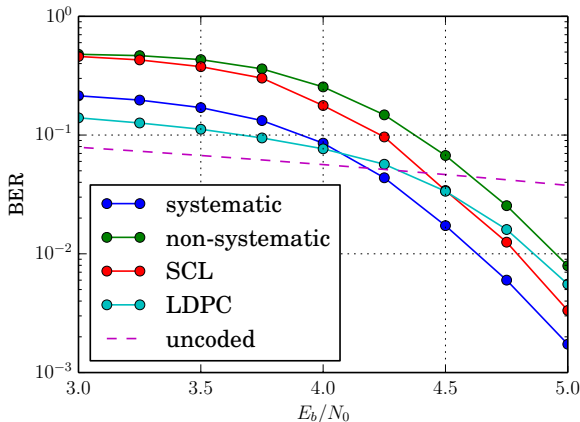


- Coderate $R = 0.5$
- Polar Code
 $N = 2048$
- LDPC WiMAX Code
 $N = 2302$

	R_T/P_{code}
Encoder	550.4
SC Decoder	7.18
LDPC m.i. 10	0.2354
LDPC m.i. 50	0.0496

Tabelle 1 : Durchsatz in Mbit/s

■ BER Performance verschiedener Codes



■ Coderate $R = 0.5$

■ Polar Codes
 $N = 2048$

■ Listengröße
 $L = 16$

■ LDPC WiMAX
Code $N = 2302$

Weiterführend

- Encoder & Decoder
 - systematisch
 - SC List
- Kanalkonstruktion
 - effizienter Algorithmus
 - Bhattacharyya Schranke
- Simulationen
 - Vergleich aller Parameter
 - Testinfrastruktur entwickelt

Einführung in Polar Codes

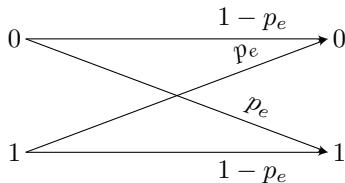
- Grundlagen
- Encoder & Decoder
- Polarisierungseffekt

GNU Radio Implementierung

- C++ Code optimiert auf Durchsatz
- Fehlerkorrekturfähigkeit analysiert

- Polar Codes vereinen gute Fehlerkorrekturfähigkeit und hohen Durchsatz

Danke für Ihre Aufmerksamkeit!



BSC channel

$$\text{Kernel } F = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 1 & 1 \end{pmatrix}$$

$$F^{\otimes 2} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

$$G_4 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

$$u^2 \cdot \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 1 & 1 \end{pmatrix} = x^2$$

Allgemein

$$u^N G_N = u^N B_N F^{\otimes m} = x^N$$

$$1_d = 01_b \rightarrow 10_b = 2_d$$

$$2_d = 10_b \rightarrow 01_b = 1_d$$