



GF(16)에서 비 이진 극 부호의 커널의 성능 분석

변성철, 김인선, 송홍엽

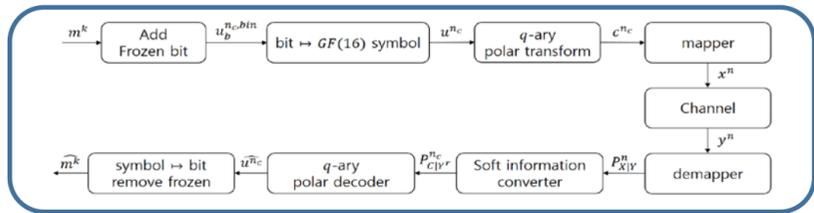
연세대학교

제29회 통신정보 합동학술대회



1. GF(16)에서 비 이진 극 부호의 커널의 성능 분석 환경

비 이진 극 부호의 시스템 모델[5]

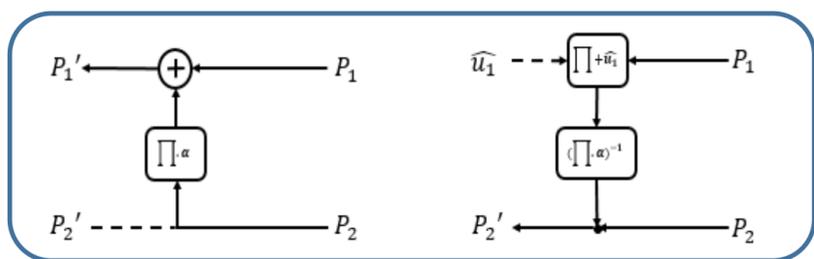


- Message bits m^k 에 Frozen bits를 더한 비트 열 $u_b^{n_c, bin}$ 를 순서대로 네 비트씩 묶어 n_c 개의 symbol을 만들고 이를 u^{n_c} 라 함
- n_c 개의 symbol들은 부호화 후 채널로 보내어지기 전 mapper를 거치는데, mapper는 이 symbol들을 다시 bit단위로 바꿔 채널로 전송해주는 역할을 함
- 수신단에서의 demapper는 symbol단위로 복호화하기 위해 채널로부터 수신된 $n_{c, bin}$ 개의 bit들을 n_c 개의 PMF 벡터로 변환하는 역할을 함
- 이후 이 PMF들로부터 복호화를 함

심볼 테이블

| Power of α | binary | symbol | Power of α | binary | symbol |
|-------------------|--------|--------|-------------------|--------|--------|
| 0 | 0000 | 0 | α^7 | 1011 | 11 |
| α^0 | 0001 | 1 | α^8 | 0101 | 5 |
| α^1 | 0010 | 2 | α^9 | 1010 | 10 |
| α^2 | 0100 | 4 | α^{10} | 0111 | 7 |
| α^3 | 1000 | 8 | α^{11} | 1110 | 14 |
| α^4 | 0011 | 3 | α^{12} | 1111 | 15 |
| α^5 | 0110 | 6 | α^{13} | 1101 | 13 |
| α^6 | 1100 | 12 | α^{14} | 1001 | 9 |

q-ary SC 복호기의 메시지 업데이트 규칙



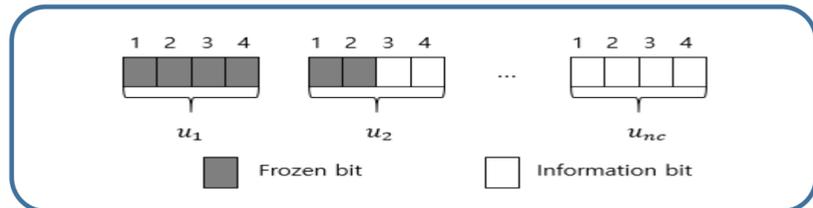
- 수신된 PMF 벡터 P_1, P_2 으로부터 P_1', P_2' 는 다음과 같이 계산 됨

$$P_1' = \alpha_1 \mathcal{H}((\mathcal{H}(P_1) \odot \mathcal{H}(P_2 \prod \alpha)))$$

$$P_2' = \alpha_2 [\{P_1 \prod + \hat{u}_1 (\prod \alpha)^{-1}\} \odot P_2]$$

- α_1, α_2 는 각각 정규화 계수이며 \mathcal{H} 는 fast hadamard transform(FHT)를 의미하고, $\prod + \hat{u}_1$ 과 $\prod \alpha$ 는 각각 덧셈과 곱셈에 대한 permutation matrix를 의미함
- Symbol \hat{u}_1 는 PMF 벡터 P_1' 에서의 가장 큰 PMF를 갖는 GF(16)에서의 원소로 decision 됨. 단, 복호의 마지막 단에서 Symbol \hat{u}_1 을 PMF 벡터 P_1' 로부터 decision할 때는 frozen bit를 고려하여 결정함.

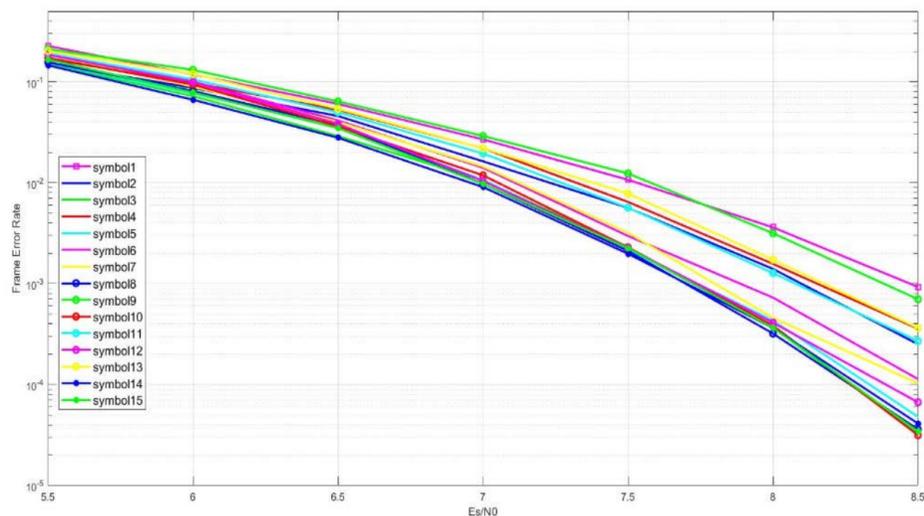
심볼 포맷[6]



- Frozen bit는 5G NR 표준에서 정한 채널의 신뢰도에 따라 신뢰도가 높은 순으로 정함[2].

2. 시뮬레이션 결과

GF(16)에서 모든 심볼에 대한 커널의 극 부호의 FER 성능 비교 결과 ($n_c = 64, Rate = 0.5$)



- Frame Error Rate (FER)의 성능을 비교해본 결과 10^{-3} 기준으로 symbol8과 symbol 14로 이루어진 커널을 사용할 때 가장 우수한 성능을 가짐을 확인

참고 문헌

- [1] E. Arikan, "Channel Polarization: A method for constructing capacity-achieving codes for symmetric binary-input memoryless channels," *IEEE Trans. Inform. Theory*, vol. 55 no. 7, pp.3051-3093, July, 2009.
- [2] 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Radio Access Network; NR; Multiplexing and channel coding (Release 15), 3GPP_TS_38.212_v15.1.1 (2018-04).
- [3] B. Yuan, K. K. Parhi, "Low-latency successive-cancellation polar decoder architectures using 2-bit decoding," *IEEE Trans. Circuits Syst. I: Reg. Papers*, vol. 61, no. 4, pp. 1241-1254, Apr. 2014.
- [4] S. B. Korada, E. Şaşıoğlu, R. Urbanke, "Polar codes: Characterization of exponent bounds and constructions," *IEEE Trans. Inform. Theory*, vol. 56, no. 12, pp. 6253-6264, Dec. 2010.
- [5] P. Yuan, and F. Steiner. "Construction and Decoding Algorithms for Polar Codes based on 2×2 Non-Binary Kernels." in *Proc. IEEE 10th Int. Symp. Turbo Codes Iterative Inf. Process.*, Hong Kong, Dec 2018, pp. 1-5.
- [6] P. Chen, B. Bai, and X. Ma, "A new construction of nonbinary polar codes with two-stage polarization," *arXiv preprint arXiv:1801.08059*, 2018.

