



블록 페이딩 채널에서 LDPC 부호의 성능 비교

김대경, 최효정, 김강산, 송홍엽
연세대학교



목차



- 서론
- 블록 페이딩 채널
- 균일한 차수분포의 LDPC 부호 생성 [2]
- 비균일한 차수분포의 LDPC 부호 생성 [3]
- 복호 성능 시뮬레이션
- 결론



서론



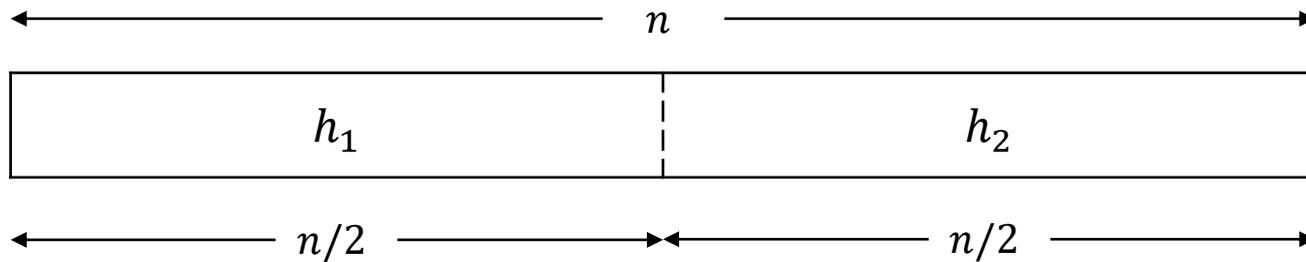
- 오류정정부호의 이론적 성능이나 모의 실험을 할 때 주로 BEC 채널이나 AWGN 채널을 가정함
- 실제 이동통신이나 위성통신에서는 신호가 산란, 회절, 반사 등으로 다중경로 페이딩 환경을 겪게됨
- 본 논문에서는 각 심볼들은 독립적인 AWGN에 영향을 받으면서 페이딩의 경우 Rayleigh 페이딩을 겪는것으로 가정. 수신단은 채널 상태정보를 완벽히 안다고 가정 후 실험 진행.
- 본 논문에서는 해당 환경에서 기존 제안된 균일한 차수분포의 LDPC와 비 균일 차수분포의 LDPC 부호의 성능을 비교함



블록 페이딩 채널



- 채널의 *coherent time*이 한 심볼주기보다 긴 경우 블록 페이딩 채널 모델 사용 가능[1]
- 길이가 n 인 부호는 F 개의 구간으로 나뉘어 각 구간 동안은 일정한 페이딩 가정
- $F = 2$ 인 경우 블록 페이딩 예시



- 본 논문에서는 $F = 2, 3, 6$ 인 경우와 $F = n$ (심볼마다 독립적인 페이딩)인 경우 고려

[1] L. H. Ozarow, S. Shamai and A. D. Wyner, "Information theoretic considerations for cellular mobile radio," in IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol. 43, no. 2, pp. 359-378, May 1994.



균일한 차수분포의 LDPC 부호 생성



- 오름차순 수열 $\{a_1 = 0, a_2 = 1, a_3 = 8, a_4 = 12, a_5 = 14, a_6 = 17\}$ 을 이용하여 다음 방식으로 행렬 생성[2]

$I : P \times P$ 크기 항등행렬
 $\Phi : I$ 를 오른쪽으로 한번 순환이동한 행렬
 $\Phi^t : I$ 를 오른쪽으로 t 번 순환이동한 행렬 (CPM)

$$\begin{bmatrix} \Phi^{a_1} & \Phi^{a_2} & \Phi^{a_3} & \Phi^{a_4} & \Phi^{a_5} & \Phi^{a_6} \\ \Phi^{2a_1} & \Phi^{2a_2} & \Phi^{2a_3} & \Phi^{2a_4} & \Phi^{2a_5} & \Phi^{2a_6} \\ \Phi^{3a_1} & \Phi^{3a_2} & \Phi^{3a_3} & \Phi^{3a_4} & \Phi^{3a_5} & \Phi^{3a_6} \end{bmatrix}$$

→ Parity Check 행렬로써 부호길이 $n = 6P$ 인 regular (3,6) QC-LDPC 부호 정의

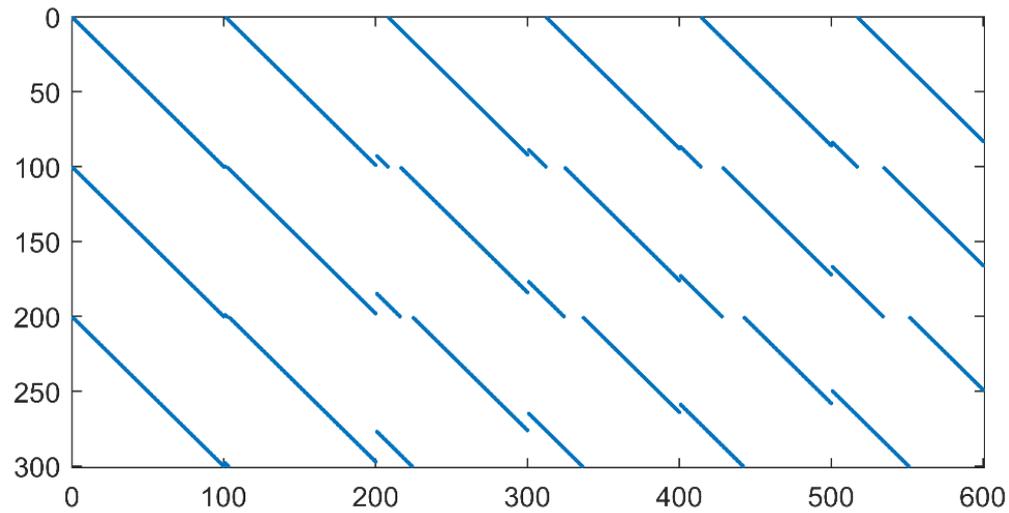
[2] I. Kim and H.-Y. Song, "A construction for girth-8 QC-LDPC codes using Golomb rulers," *Electronics Letters*, vol. 58, no. 15, pp. 582-584, 2022.



균일한 차수분포의 LDPC 부호 생성



- 600 길이 LDPC 부호의 parity check 행렬





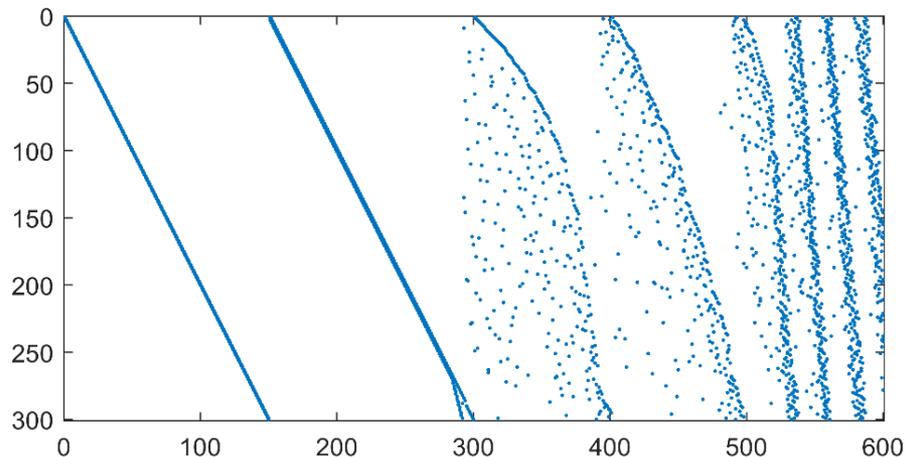
비균일한 차수분포의 LDPC 부호 생성



- PEG(Progressive Edge Growth) 알고리즘을 이용하여 생성하며, 변수노드는 다음 차수분포 사용[3]

$$\lambda(x) = 0.24426x + 0.25907x^2 + 0.01054x^3 + 0.05510x^4 + 0.01455x^7 + 0.01275x^9 + 0.040373x^{11}$$

- 600 길이 LDPC 부호의 parity check 행렬



[3] T. J. Richardson, M. A. Shokrollahi and R. L. Urbanke, "Design of capacity-approaching irregular low-density parity-check codes," in IEEE Transactions on Information Theory, vol. 47, no. 2, pp. 619-637, Feb 2001.



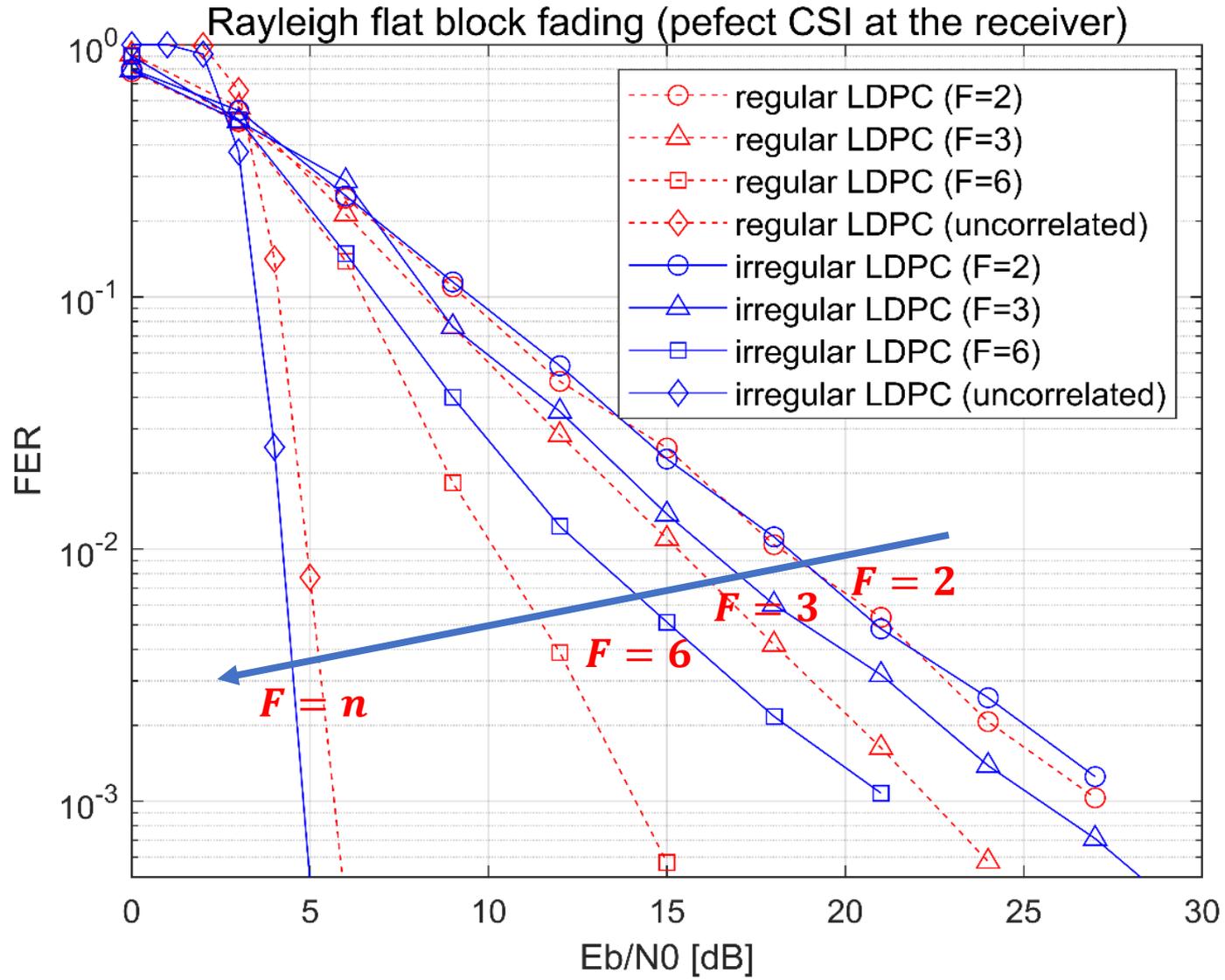
복호 성능 시뮬레이션



- 블록 페이딩 채널에서 LDPC 부호 및 BPSK 변조 신호 전송 가정
- 수신단에서 perfect CSI 가정
- Sum-Product 복호
- 부호길이 $N = 600$
- E_b/N_0 에 따른 Frame Error Rate(FER)을 시뮬레이션을 통해 확인



복호 성능 시뮬레이션





결론



- 블록 페이딩 채널에서 LDPC 부호의 복호성능을 시뮬레이션 함
- 균일한 차수분포와 비균일한 차수분포의 LDPC 부호를 생성하여 성능을 실험
- 실험에서 비균일한 LDPC 부호가 블록 페이딩 채널에 더 큰 영향을 받는 것을 확인
- 추후 블록 페이딩에 최적화된 LDPC 부호 설계방식 연구 필요