



# 공간 결합 저밀도 패리티 검사 부호의 윈도우 길이에 따른 성능 비교

박진수, 김인선, 김정현, 송홍엽

Yonsei University

2017 한국통신학회 동계종합학술대회



## Motivation

- 공간 결합 저밀도 패리티 검사 부호(spatial-coupled low-density parity-check codes, SC-LDPC codes)의 convolutional gain
- 윈도우 복호에 적합한 부호의 특성
- 일반적인 (3,6) SC-LDPC가 4G LTE의 터보 부호의 성능보다 좋은 성능을 갖기 위해 필요한 윈도우 길이를 알아본다

## (3,6) SC-LDPC Codes

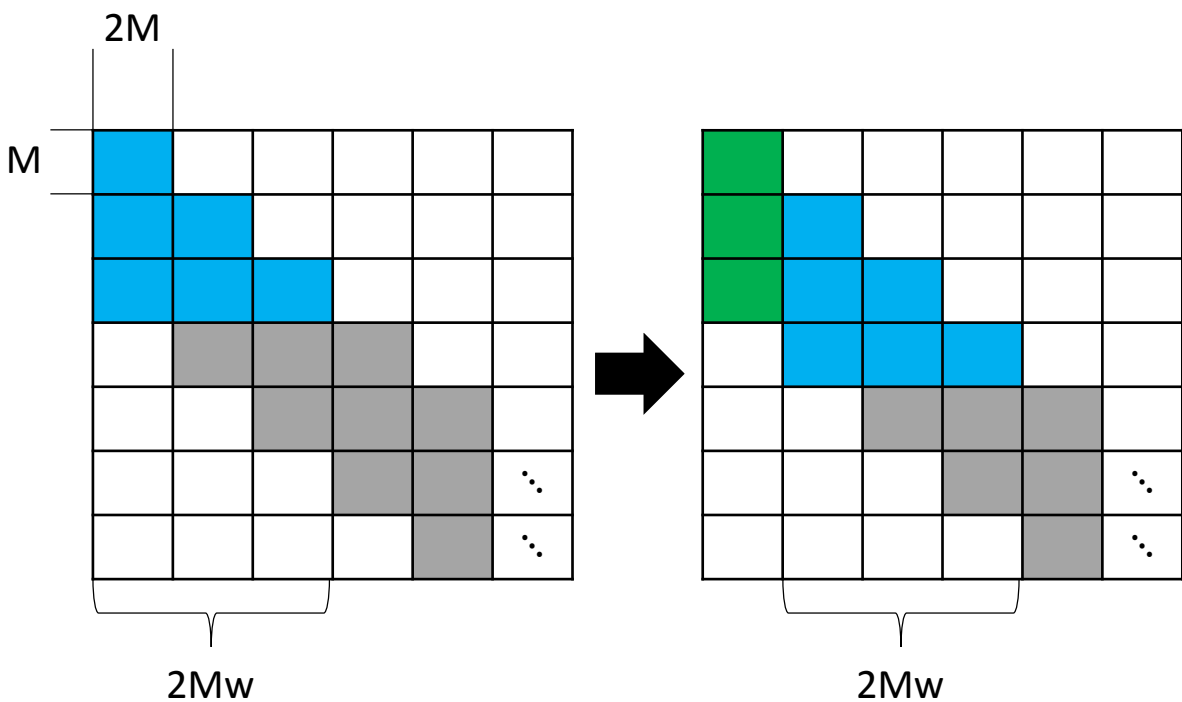
- 프로토타입(protograph)를 여러 개 복사하여 엷지를 교환(interleaving)하는 방식으로 설계
- $(c \times b)$  base matrix  $B = [3,3]$
- $B = B_0 + B_1 + B_2$ , where  $B_i = [1,1]$
- 구성 행렬  $B_i$ 를 이용한 SC-LDPC 부호의  $(L+2) \times 2L$  길쌈 기반 행렬  $B_{cc}$

$$B_{cc} = \begin{bmatrix} B_0 & & & & & \\ B_1 & B_0 & & & & \\ B_2 & B_1 & \ddots & & & \\ & B_2 & \ddots & B_0 & & \\ & & \ddots & B_1 & & \\ & & & B_2 & & \end{bmatrix}$$

- 실제 SC-LDPC의 이진 패리티 검사 행렬로 만들기 위해  $B_{cc}$ 의 각 원소를  $M \times M$  부행렬로 치환
- 이 때,  $B_{cc}$  한 원소가  $n$ 일 때, 임의의  $n$ 개의  $M \times M$  교환 행렬(permutation matrix)를 XOR하여 사용
- $(L+2)M \times 2LM$  크기의 이진 패리티 검사 행렬 생성
- 부호의 시작/끝을 제외하면 각 row, column에 6, 3개의 1이 존재하는 (3,6) SC-LDPC 부호
- 이 때, 구속장 길이는  $6M$

## Window Decoding

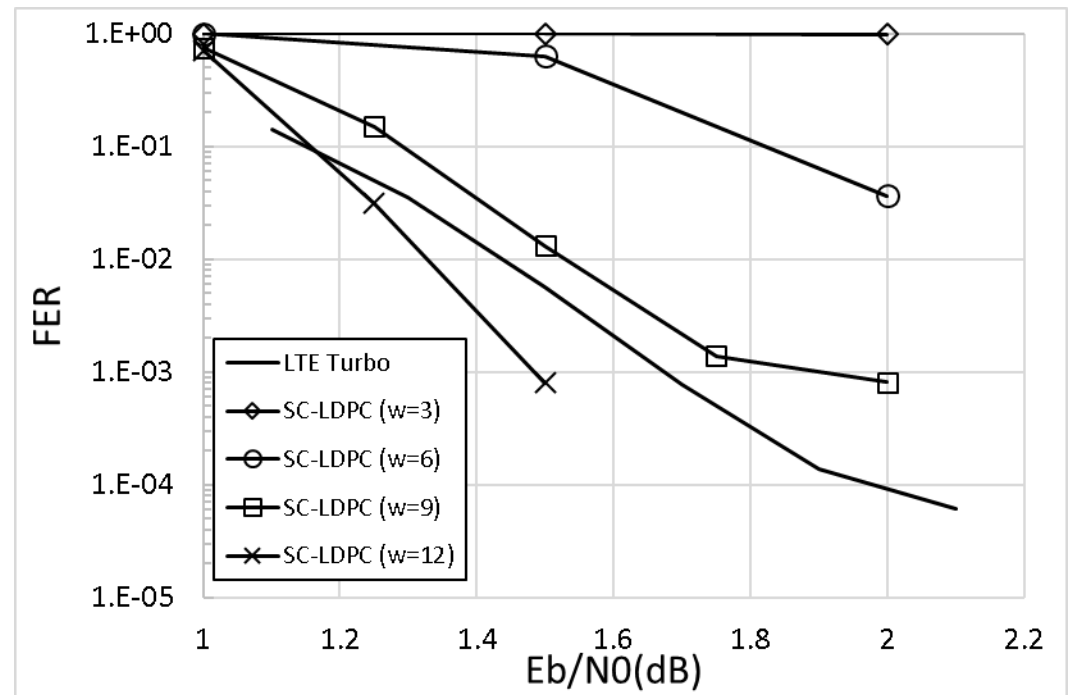
- 윈도우 길이를  $w$ 라 할 때,  $2Mw$ 개의 변수 노드 단위로 복호
- 한 윈도우의 복호가 끝나면  $2M$ 만큼 윈도우를 옮겨 순차적으로 복호 시도
- $w=3$ 일때의 복호 예시



- 복호중, 복호 종료, 복호 대기

## Simulation Results

- Parameter of SC-LDPC codes
  - (3,6) Regular
  - $M=340, L=54$ , 구속장 길이=2040
  - Random permutation matrix
  - $w=3, 6, 9, 12$
  - 25-max iter BP decoding
- Parameter of LTE Turbo codes
  - 길이 2000, 부호율 1/2
  - Random permutation matrix
  - 7.5-iter log-MAP decoding



- SC-LDPC 부호의 경우 2040bit 단위로 FER을 계산
- 구속장과 윈도우 내의 bit수가 동일한  $w=3$ 의 경우
  - 매우 좋지 못한 성능
- 윈도우 길이가 점차 증가할수록 성능 증가
  - LTE 터보보다 좋은 성능을 갖는 경우는  $w=9 \sim 12$  사이

## Discussion

- 임의의 (3,6) regular SC-LDPC 부호의 윈도우 복호 성능을 확인
- 충분히 좋은 성능을 갖기 위해서는  $w=9$  이상의 윈도우 길이가 필요한 것을 확인

## References

- [1] S. Kudekar, T. J. Richardson, and R. L. Urbanke, "Threshold Saturation via Spatial Coupling: Why Convolutional LDPC Ensembles Perform So Well over the BEC," IEEE Trans. Inform., vol. 57, no. 2 Feb. 2011.
- [2] D. J. Costello, Jr., L. Dolecek, T. E. Fuja, J. Kliewer, D. G. M. Mitchell, and R. Smarandache, "Spatially Coupled Sparse Codes on Graphs: Theory and Practice," IEEE Commun. Mag., July 2014.
- [3] A. R. Iyengar, M. Papaleo, P. H. Siegel, J. K. Wolf, A. Vanelli-Coralli, and G. E. Corazza, "Window Decoding of Protograph-Based LDPC Convolutional Codes Over Erasure Channels," IEEE Trans. Inform., vol. 58, no. 4, April 2012.

