



# Golomb Ruler 를 활용한 Girth - 8 Irregular QC-LDPC 부호 설계



김현, 김강산, 송홍엽

연세대학교

제36회 통신정보 합동학술대회

본 논문에서는 특수한 조건을 만족하는 6-mark Golomb ruler 와 cycle-free 행렬을 결합하여 새로운 Irregular QC-LDPC 부호를 설계하고 그 성능을 컴퓨터 시뮬레이션으로 분석한다. 제안하는 설계는 패리티 검사 행렬 내에서 8 미만의 짧은 cycle 을 원천적으로 차단하여 girth 8 을 달성한다.

## 서론

- 기존 연구에서는 곱셈표에  $a = (1,2,3)$ ,  $b$  수열로 Golomb ruler 를 이용하여 Regular QC - LDPC 부호를 생성하는 법이 제안되었음[1,2].
- 본 논문은 특수한 조건을 만족하는 6-mark Golomb ruler 와 cycle free 행렬을 결합하여 새로운 irregular QC-LDPC 부호를 생성하는 법을 제안함.

## Irregular QC-LDPC 부호 생성법

제안하는 패리티 검사 행렬은  $H = [A|B]$  행태로 두개의 부분 행렬을 결합하여 구성되며, 행렬  $A$  와  $B$  는 exponent 행렬  $E_A$  와  $E_B$  의 각 원소들을 사이즈  $P$  인 Circular Permutation Matrix 로 확장하여 생성한다.

$A$  의 exponent 행렬  $E_A$  는

$a(g_i - g_j) \neq b(g_k - g_l)$ , 단,  $(i, j) \neq (k, l)$ ,  $i \neq j, k \neq l$ ,  $a, b \in \{1,2,3\}$  을 만족하는 6-mark Golomb ruler 수열  $g$  에 대하여

$$E_A = \begin{bmatrix} 1 \cdot g_0 & 2 \cdot g_0 & 3 \cdot g_0 \\ 1 \cdot g_1 & 2 \cdot g_1 & 3 \cdot g_1 \\ 1 \cdot g_2 & 2 \cdot g_2 & 3 \cdot g_2 \\ 1 \cdot g_3 & 2 \cdot g_3 & 3 \cdot g_3 \\ 1 \cdot g_4 & 2 \cdot g_4 & 3 \cdot g_4 \\ 1 \cdot g_5 & 2 \cdot g_5 & 3 \cdot g_5 \end{bmatrix} \pmod{P}$$

와 같은  $6 \times 3$  구조로 구성되며, 이로부터 생성되는 행렬  $A$  내부에서는 girth 8 이 보장된다[1,2].

부분행렬  $B$  의 exponent 행렬  $E_B$  는 Variable node degree 가 2가 되도록 다음과 같이 구성된다.

$$E_B = \begin{bmatrix} \alpha_1 & -1 & -1 & -1 & \alpha_5 \\ -1 & \alpha_2 & -1 & \alpha_4 & -1 \\ -1 & -1 & \alpha_3 & -1 & -1 \\ -1 & -1 & -1 & -1 & \alpha_5 \\ -1 & \alpha_2 & \alpha_3 & -1 & -1 \\ \alpha_1 & -1 & -1 & \alpha_4 & -1 \end{bmatrix} \pmod{P}$$

원소  $-1$  은  $P \times P$  사이즈 영행렬로 치환되며 이러한 구조로 인해 행렬  $B$  내부에는 어떠한 cycle 구조도 생성되지 않는다.

## 성능비교

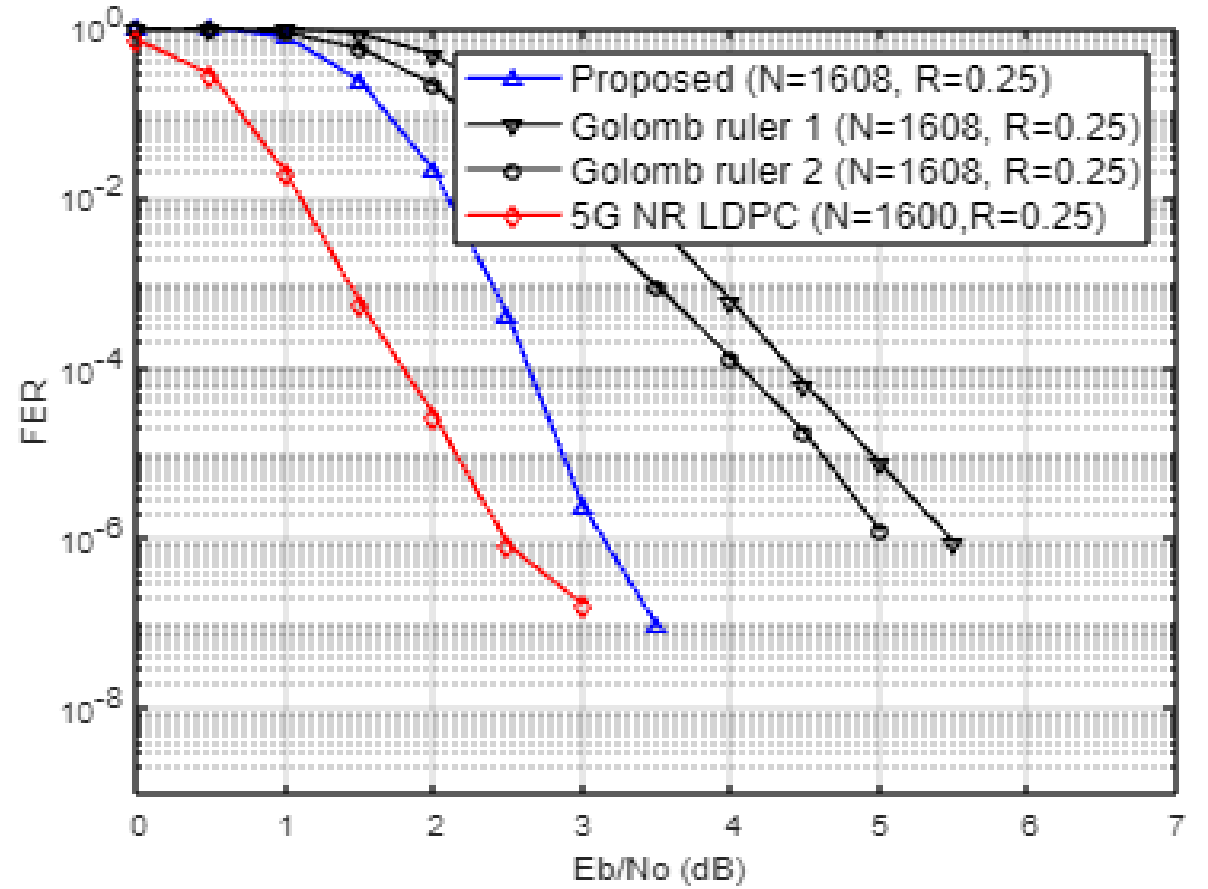


그림 1. 길이 약 1600, 부호율 약 0.25인 부호 FER 성능비교

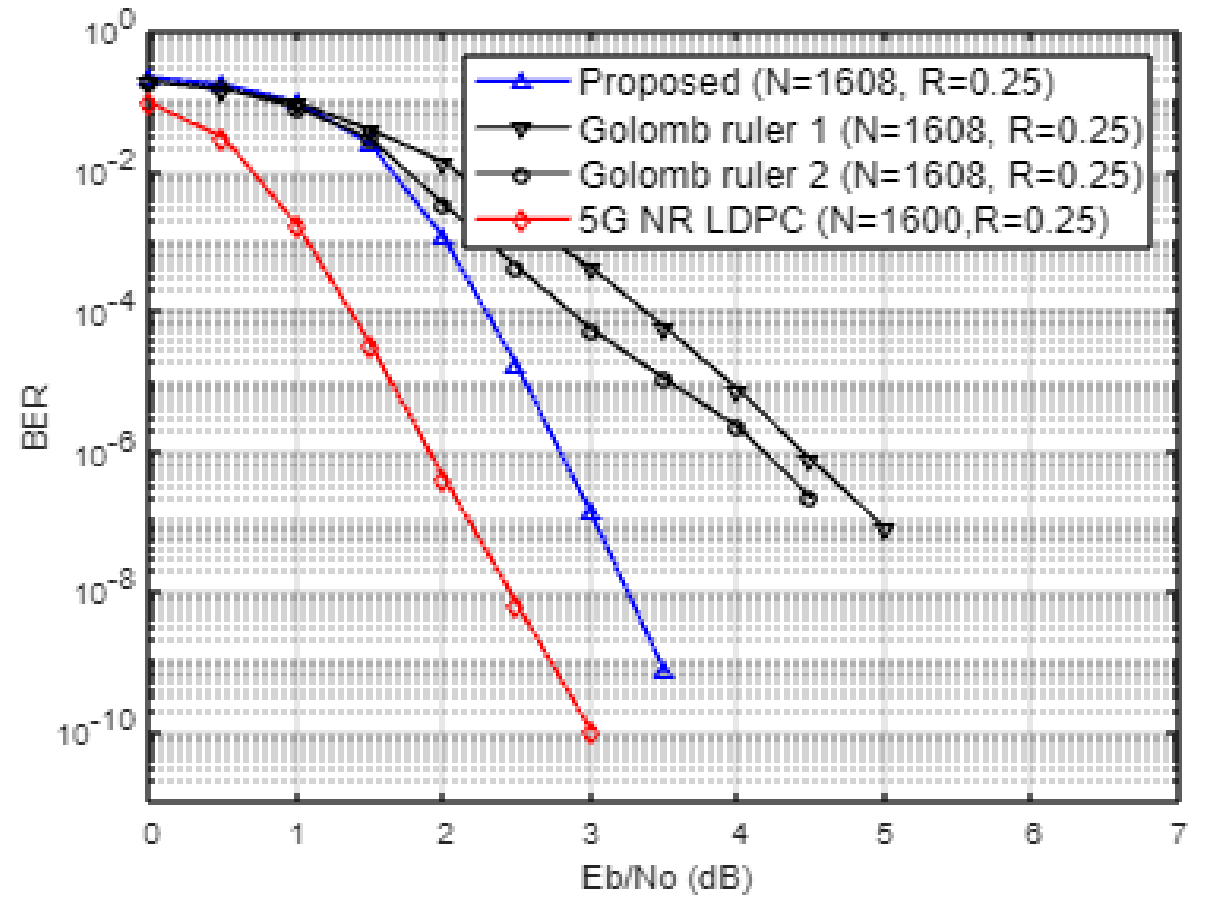


그림 2. 길이 약 1600, 부호율 0.25인 부호 BER 성능비교

## 결론

- 해당 부호 생성법으로 설계한 Irregular QC-LDPC 부호는 Girth 8을 갖는다는 사실을 확인하였으며, 기존연구[1]에 제안된 방식으로 생성한 Regular QC-LDPC 부호 보다 더 좋은 성능을 보임.

## REFERENCES

- [1] I. Kim and H.-Y. Song, "A construction for girth-8 QC-LDPC codes using Golomb rulers," *Electronics Letters*, 58(15), pp. 582-584, 2022.
- [2] W. Kim, H. Cho, H.-Y. Song, and M. K. Song, "Some variations of Tanner's construction for short length QC LDPC codes," *Electron. Lett.*, vol. 60, no. 3, Art. no. e13088, Feb. 2024.