



다양한 Golomb Ruler로부터 생성된 QC-LDPC 부호의 girth 및 성능 분석



김대경, 조현우, 김원준, 송홍엽

연세대학교

제33회 통신정보 합동학술대회

본 논문에서는 Golomb ruler 들 중 특별한 경우인 B_h 수열을 활용하여 특정 girth 특성을 만족하는 QC-LDPC 부호를 생성한다. B_h 수열을 활용하여 생성된 부호의 cycle 수 분포를 확인하고 유사하게 생성된 부호들과 성능을 비교한다.

서론

- 기존, 곱셈표를 이용한 QC-LDPC 부호 생성법에 대해서 Golomb ruler를 이용해 girth-8인 부호 생성법이 제안 되었음[1,2].
- 본 논문은 Golomb ruler의 특별한 경우인 B_h 수열[3]을 이용해 비슷하게 QC-LDPC 부호를 생성하고 cycle 수 분포 및 성능을 비교함.

B_h 수열을 이용한 부호 생성

정리1 : 곱셈표를 이용한 부호생성 방식에서 수열 $a = (1,2,3)$, $b = (b_1, b_2, \dots, b_s)$ 와 $P \times P$ 사이즈 CPM을 사용하며 수열 b 가 길이 L 인 B_3 수열이라고 하자. 일반적으로, $P > 4L$ 또는 홀수 값의 P 에 대해, $P > 3L$ 이면 생성되는 QC-LDPC 부호는 girth-8 이며 8-cycle 들이 정확히 $\binom{s}{2} \times P$ 개 존재한다.

정리2 : 곱셈표를 이용한 부호 생성 방식에서 수열 $a = (1,2,4)$, $b = (b_1, b_2, \dots, b_s)$ 와 $P \times P$ 사이즈 CPM을 사용하며 수열 b 가 길이 L 인 B_h 수열이라고 하자. $h = 5$ 일 때, 3 의 배수가 아닌 P 에 대해 $P > 5L$ 이면 생성되는 QC-LDPC 부호는 girth-10 이며 $h = 6$ 일 때 $P > 6L$ 이면 생성되는 QC-LDPC 부호는 girth-12 이다.

Cycle 수 분포 비교

	P=181	
	Golomb ruler {0,1,8,12,14,17}	B_3 수열 {0,2,11,26,29,45}
4-cycle	0	0
6-cycle	0	0
8-cycle	5249	$2715 = \binom{6}{2} \times 181$
10-cycle	27512	3982
12-cycle	255572	102989

	P=137	
	Golomb ruler {0,1,8,12,14,17}	B_3 수열 {0,2,11,26,29,45}
4-cycle	0	0
6-cycle	0	0
8-cycle	3973	$2055 = \binom{6}{2} \times 137$
10-cycle	20824	4110
12-cycle	193444	97681

성능비교(5G NR BG2 기반 변형 LDPC)

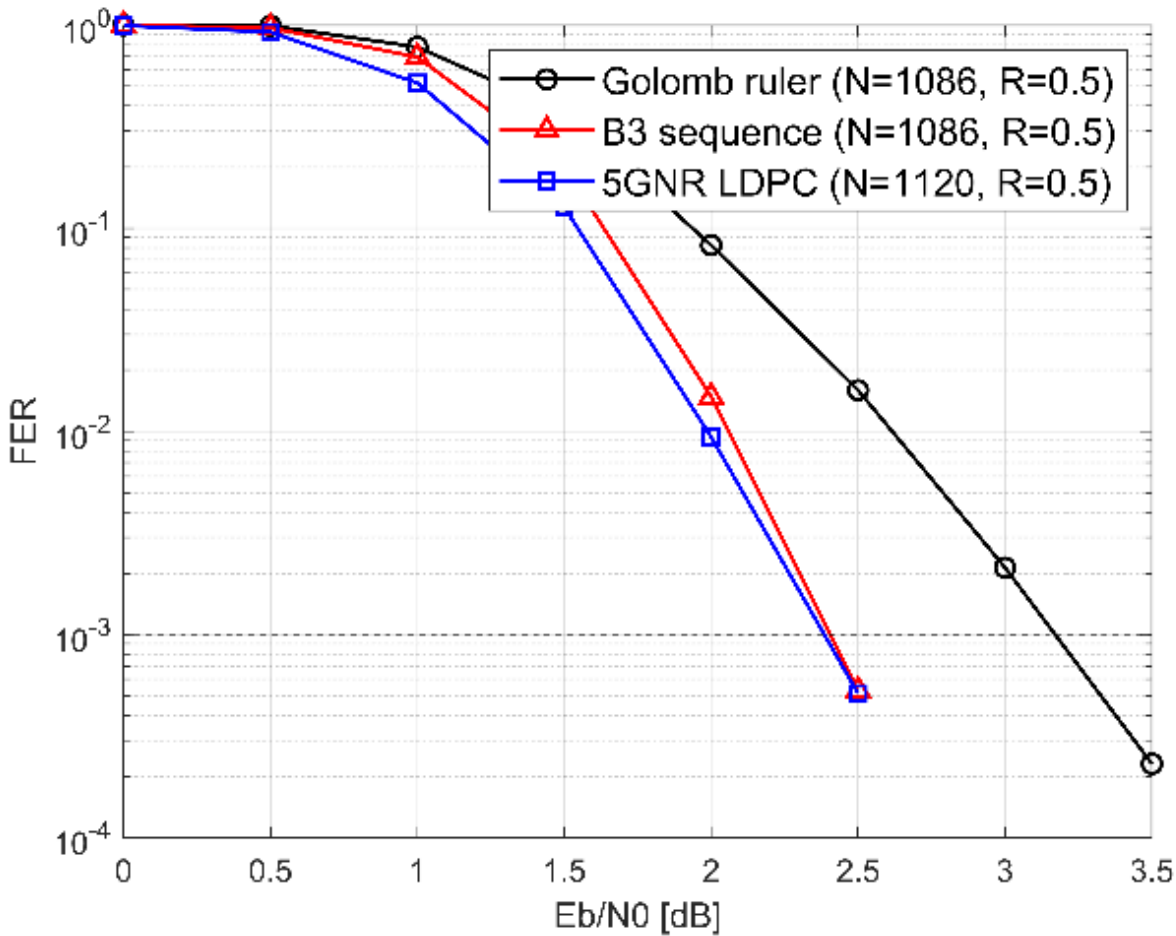


그림 1. 길이 1086, 부호율 약 0.5인 부호 성능비교 ($P = 181$)

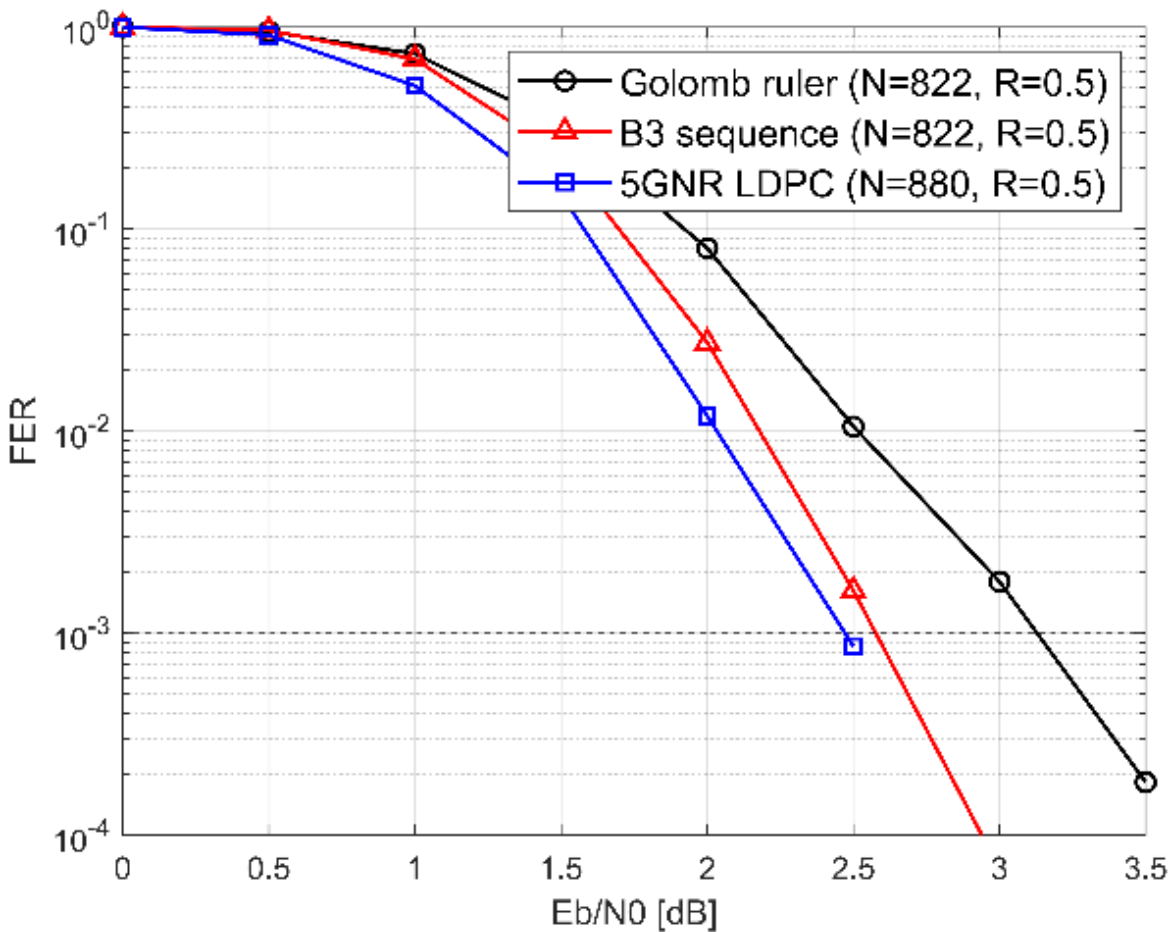


그림 2. 길이 822, 부호율 약 0.5인 부호 성능비교 ($P = 137$)

결론

- 정리1의 B_3 수열을 이용해 생성한 부호는 Golomb ruler를 이용해 생성한 부호보다 좋은 성능을 보였으며 5G NR 표준의 base graph 2 를 기반으로 변형한 부호에 근접한 성능을 보임.
- 정리2의 B_5 수열, B_6 수열을 이용한 경우 생성 가능한 최소부호길이가 매우 크다는 제약이 있고 성능개선이 크지 않았음.

REFERENCES

[1] G. S. Bloom and S. W. Golomb, "Applications of numbered undirected graphs," *Proceedings of the IEEE*, vol. 65, no. 4, pp. 562-570, 1977.

[2] 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.

[3] A. W. Lam and X. Duan, "Optimal $B_h(n)$ sequences," *Electronics Letters*, 25(6), pp. 477-478, 1989.