

터보 부호의 병렬 복호 구조에서 라틴 방진 을 사용한 충돌 방지 인터리버

2006. 11. 18



오현영
연세대학교 전기전자공학과
석사과정

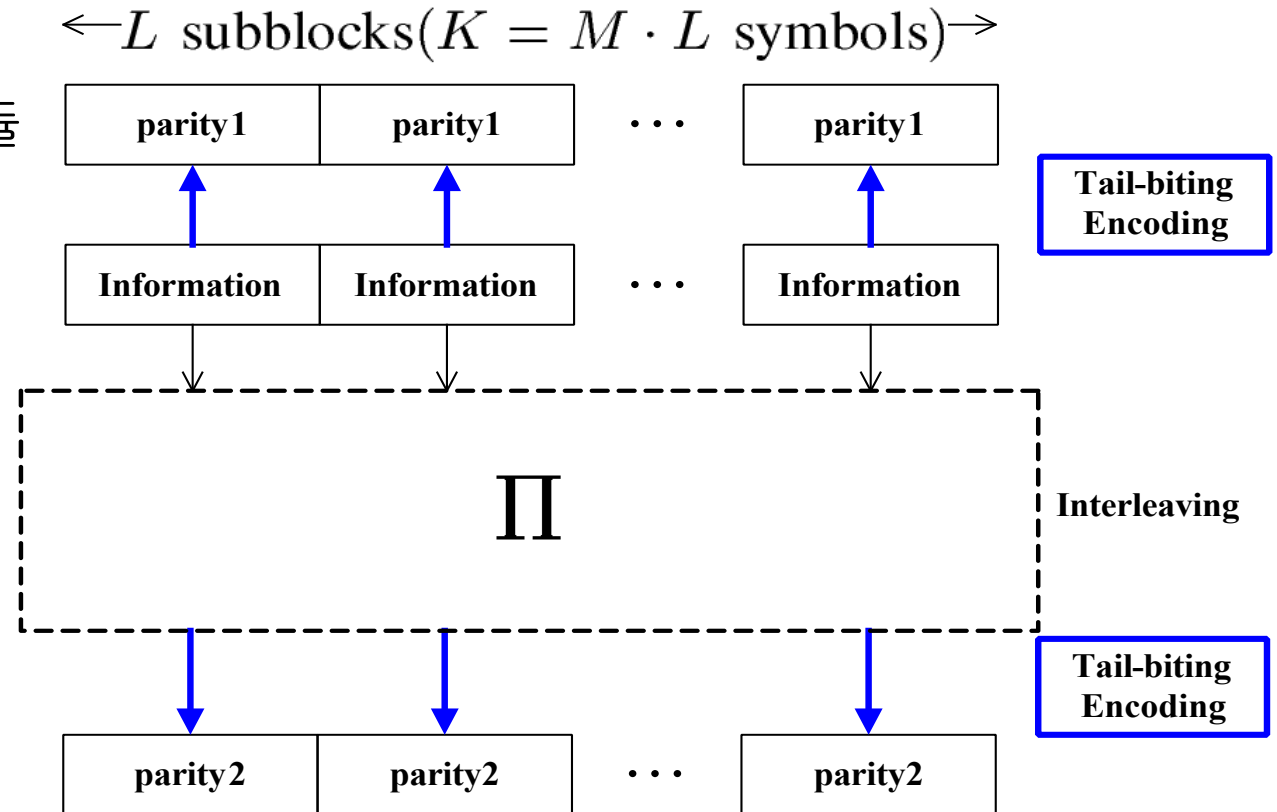


Coding and Information Theory Lab Yonsei University
Electrical and Electronic Eng.

- 병렬 구조의 터보 부호
- 기존의 충돌 방지 인터리버
- 제안된 충돌 방지 인터리버
- 모의실험 결과
- 결론

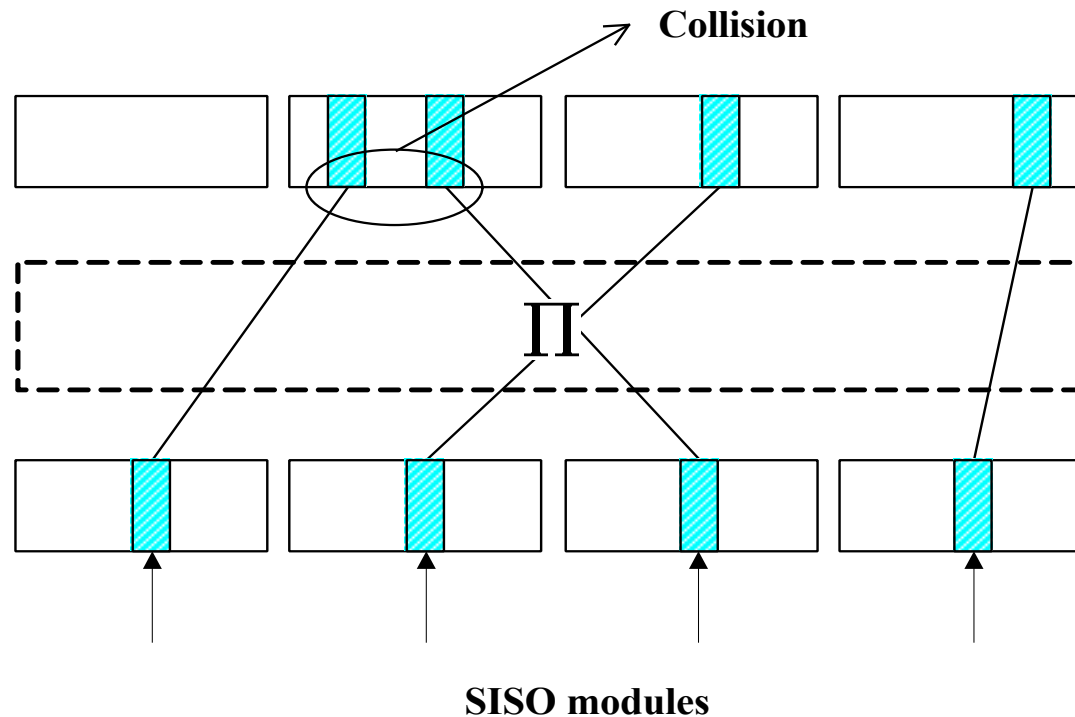
□ 병렬 구조

- L 개의 서브블록
→ L 개의 SISO 모듈
→ L 의 병렬구조
- Tail-biting 부호화
→ No tail-bits
- 약 L 배 만큼의 delay 감소 효과

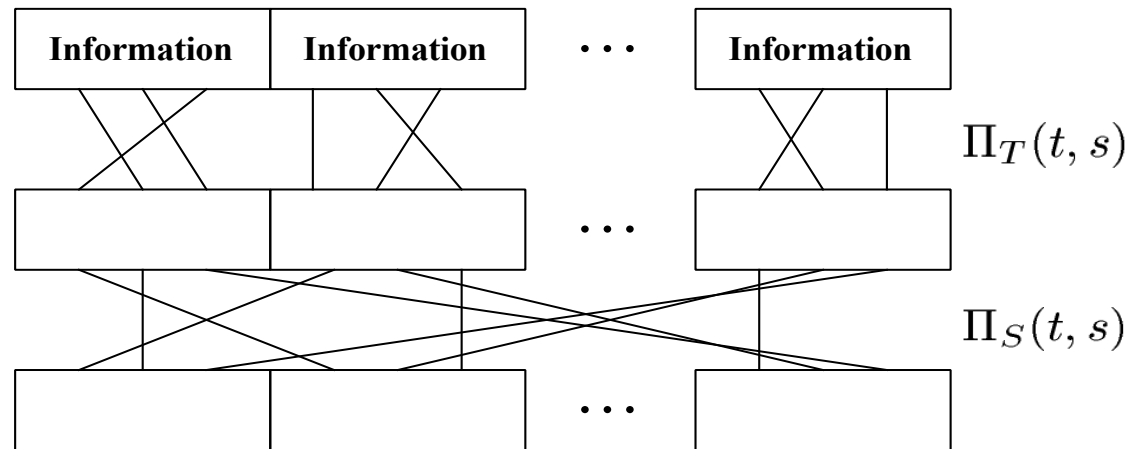


충돌 문제 (Collision problem)

- 한 개 이상의 모듈이 동시에 같은 서브블록을 접근하려 할 때
→ 추가적인 **delay** 발생

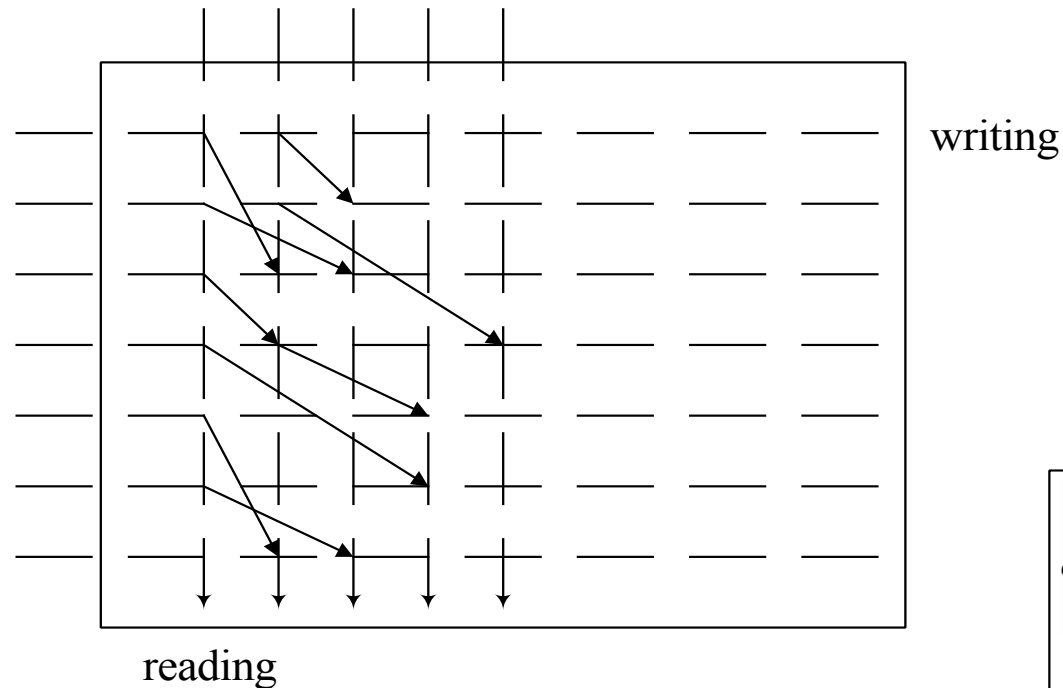


□ 2D 인터리버



- $\Pi(k) = \Pi(t, s) = \Pi_S(t, s) \cdot M + \Pi_T(t, s)$
- $\Pi_S(t, s)$ 와 $\Pi_T(t, s)$ 를 정의한다면 쉽게 만들 수 있음

ARP (almost regular permutation)



P : Relative prime with K
 $\alpha(k), \beta(k)$: Integer sequence of period C
 γ : Initial offset

- $\Pi(k) = (P \cdot k + C \cdot (\alpha(k) \cdot P + \beta(k)) + \gamma) \pmod{K}$
- 복잡한 최적화 과정
- 3GPP 보다 블록길이 640, FER 10^{-5} 에서 0.55dB 의 성능 향상

라틴방진의 구조

- $\Pi(k) = \Pi(s \cdot M + t) = u_{ts} \cdot M + \Pi_T(t) \rightarrow$ 2D structure
- 예시) $K = 27, L = 3, M = 9, \Pi_T = (7, 3, 5, 0, 4, 1, 8, 2, 6)$

$$U = \{u_{ts}\} = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 2 \\ 2 & 0 & 1 \\ 1 & 2 & 0 \\ 0 & 1 & 2 \\ \vdots & \vdots & \vdots \end{pmatrix}_{27 \times 3}$$

라틴방진의 열
방향으로의 반복
(*Latin square structure*)

7	21	14	0	22	10	8	20	15	16	3	23	9	4	19	17	2	24	25	12	5	18	13	1	26	11	6
0	2	1	0	2	1	...				1	0	2	1	0	2	...				2	1	0	2	1	0	...

- 이러한 패턴
- 이러한 패턴

$$0 \times 9 + 0 = 0 \quad 10 \times 9 + 3 = 9 \quad 2 \times 9 + 5 = 18$$

□ 최적화 과정 (**4**의 병렬구조)

- $\Pi_T(t)$: 3GPP 표준의 인터리버 (defined for **40-5114**)
- $U = \{u_{ts}\}$: 576가지 경우 $\rightarrow$ 24가지 경우 $\rightarrow$ **12**가지 경우
 - 라틴방진의 첫 행을 (0, 1, 2, 3)으로 함
 - 24가지의 경우 중 퍼짐성이 좋은 경우를 뽑음

$$\begin{pmatrix} \textcircled{0} & 1 & 2 & \textcircled{3} \\ \textcircled{1} & \textcircled{0} & 3 & 2 \\ 2 & 3 & \textcircled{0} & 1 \\ 3 & 2 & 1 & \textcircled{0} \end{pmatrix}$$

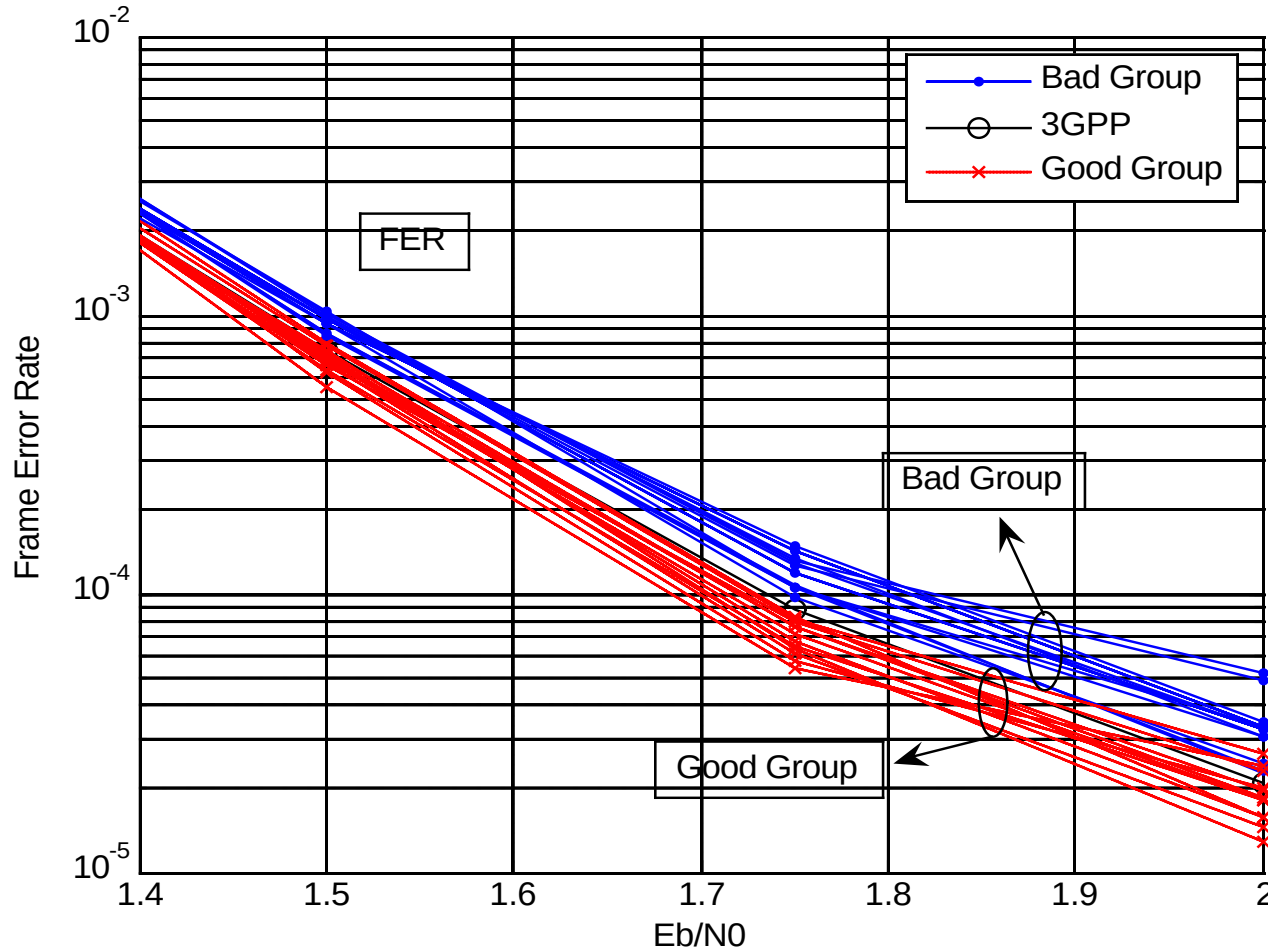
Bad Spreading

$$\begin{pmatrix} \textcircled{0} & 1 & \textcircled{2} & 3 \\ \textcircled{1} & \textcircled{0} & 3 & 2 \\ 2 & 3 & 1 & \textcircled{0} \\ 3 & 2 & \textcircled{0} & 1 \end{pmatrix}$$

Good Spreading

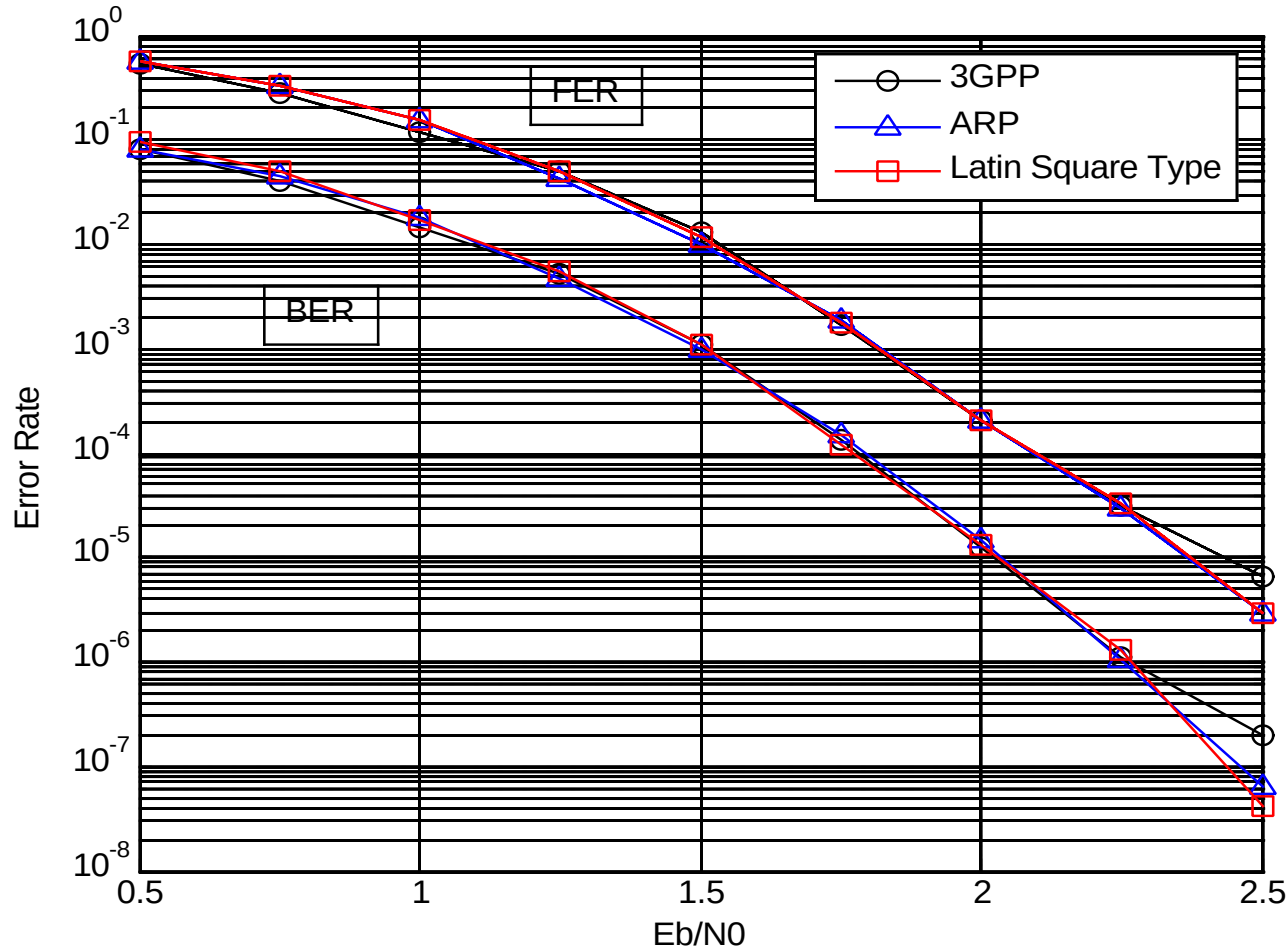
- 블록길이에 상관없이 **12**가지의 경우

□ 좋은 경우와 안 좋은 경우의 비교



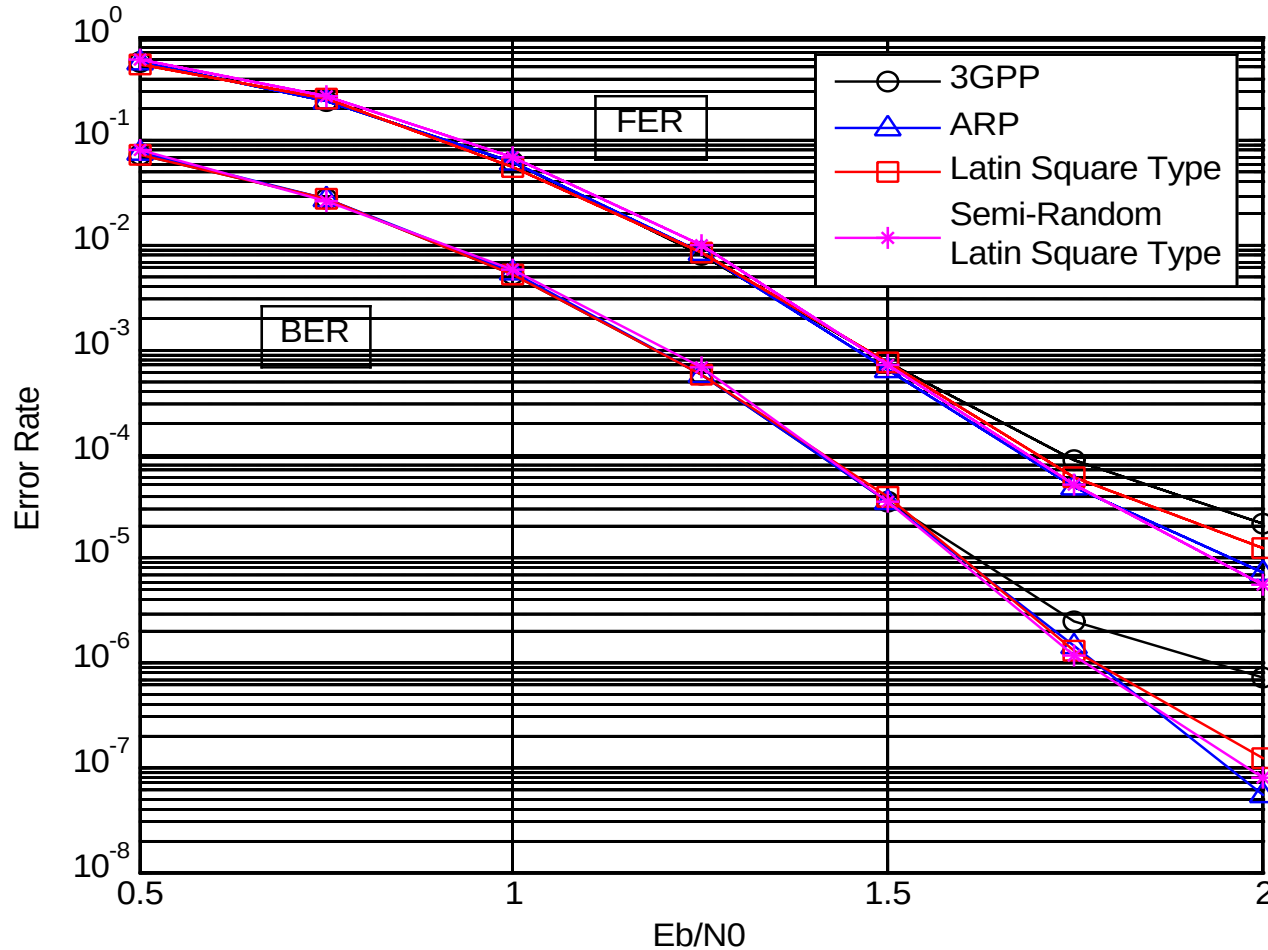
Turbo Codes	3GPP turbo codes
Parallelism	4-parallelism
Block size	640
Decoding alg.	Max Log MAP
Max. Iterr.	8 (Genie)
Code rate	1/3
Modulation	BPSK
Channel	AWGN

블록길이 320에서의 비교



Block size	320
$\Pi_T(t)$	3GPP interleaver of size 80
U_{LS}	$U_1 = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 2 & 3 \\ 1 & 0 & 3 & 2 \\ 3 & 2 & 0 & 1 \\ 2 & 3 & 1 & 0 \end{pmatrix}$

블록길이 640에서의 비교



Block size	640
$\Pi_T(t)$	3GPP interleaver of size 160
U_{LS}	$U_2 = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 2 & 3 \\ 2 & 3 & 0 & 1 \\ 1 & 2 & 3 & 0 \\ 3 & 0 & 1 & 2 \end{pmatrix}$
U_{S-LS}	$U_3 = \begin{pmatrix} \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 1 & 2 & 3 \\ 2 & 3 & 0 & 1 \\ 1 & 2 & 3 & 0 \\ 0 & 1 & 2 & 3 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \end{pmatrix}$

□ 요약

- 기존의 충돌 방지 인터리버
→ 복잡한 최적화 과정
- 제안된 충돌 방지 인터리버
→ 다양한 블록길이에 대해 쉬운 최적화 과정
→ ARP와 거의 비슷한 성능을 보임

□ Further works

- 더 다양한 비규칙적인 패턴
- 이론적인 분석 (예. minimum distance)