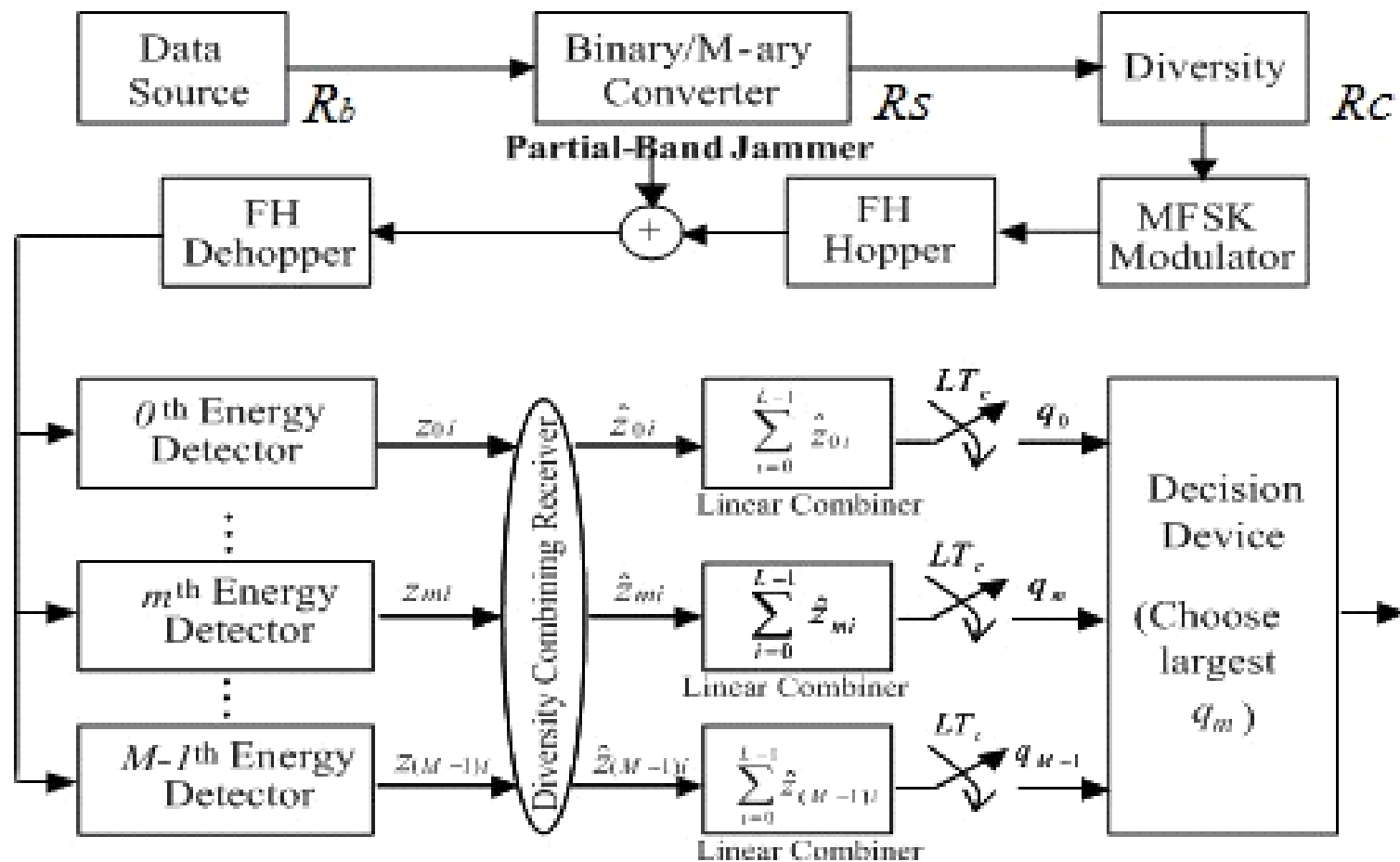


- FFH-SS(Fast Frequency Hopping Spread Spectrum)
 - 재밍이 존재하는 채널 환경에서 효과적인 통신수단
 - 빠른 주파수 도약으로 인해 비동기 MFSK 방식 선호
 - 항재밍 방법 : 채널코딩, 다이버시티 결합방식 등

- 이전 연구현황
 - 항재밍 방법으로써 특정 다이버시티 결합방식 제안
 - 비트오류율 성능의 상한값을 수식적으로 설명하는데 국한
 - 여러 가지 방식들의 체계적인 비교분석 미흡

- 주 연구성과
 - 모의실험을 통한 성능 분석
 - 최악의 경우 부분대역 재밍환경에서 다양한 다이버시티 결합수신기의 성능 평가 및 비교, 분석

□ 시스템 모델

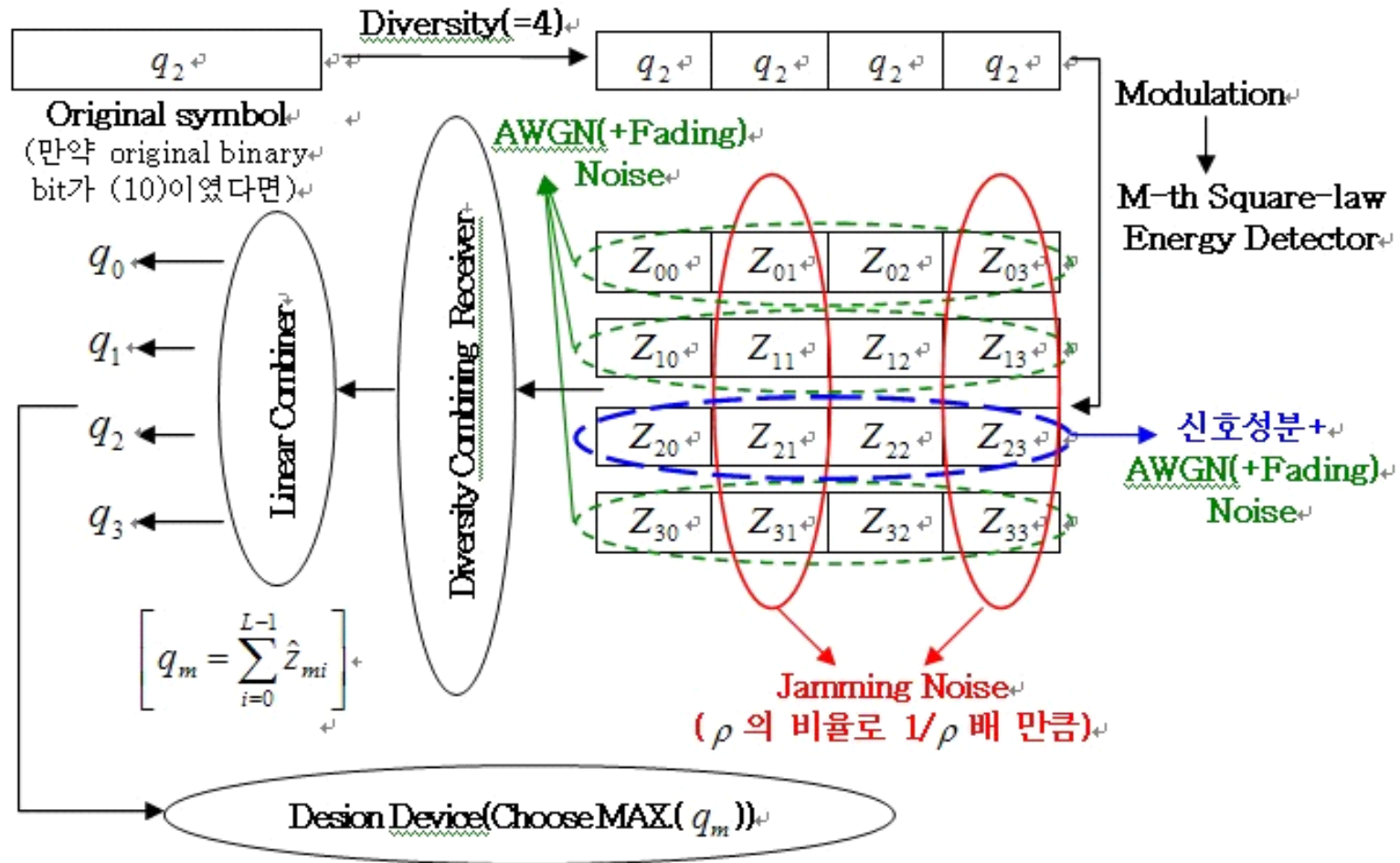


□ Diversity Combining Receivers

	Chip Detection	Symbol Detection
<p>S L C (Square-law Linear Combining)</p>	$z_{mi} = \hat{z}_{mi}$	$q_m = \sum_{i=0}^L \hat{z}_{mi}$
<p>C L C (Clipper Linear Combining)</p>	$\hat{z}_{mi} = \begin{cases} z_{mi} & z_{mi} \leq C \\ C & z_{mi} > C \end{cases}$	$q_m = \sum_{i=0}^L \hat{z}_{mi}$
<p>N E D (Normalized Envelope Detection) Combining</p>	$\hat{z}_{mi} = \frac{z_{mi}}{\sum_{m=0}^{M-1} z_{mi}}$	$q_m = \sum_{i=0}^L \hat{z}_{mi}$
<p>P C R (Product Combining Receiver)</p>	$z_{mi} = \hat{z}_{mi}$	$q_m = \prod_{i=0}^{L-1} \hat{z}_{mi}$
<p>OS-NED (Order Statistics NED) Combining</p>	$z_{ml_0} \leq z_{ml_1} \leq \dots \leq z_{ml_{L-1}},$ $\hat{z}_{mi} = \frac{z_{ml_i}}{\sum_{m=0}^{M-1} z_{ml_i}}$	$q_m = \sum_{i=0}^L \hat{z}_{mi}$

$$m = 0, 1, \dots, M-1 \quad i = 0, 1, \dots, L-1$$

다이버시티 결합 과정의 예



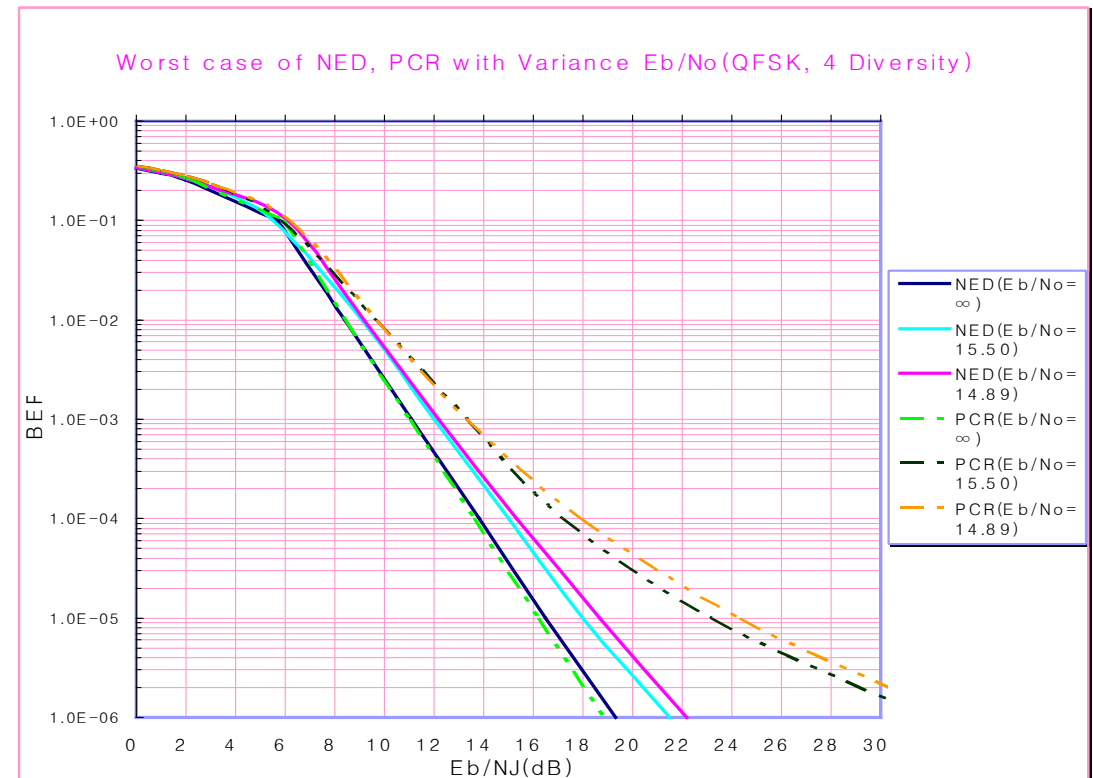
Simulation Parameter

- 다이버시티 방법 : SLC, CLC, NED, PCR, OS-NED
- 다이버시티 횟수 $L=2, 4, 8$
- 변조방식 : QFSK, 8FSK
- 부분대역에서의 ρ 값 = 1.0, 0.5, 0.3, 0.1, 0.05, 0.01, 0.005, 0.001

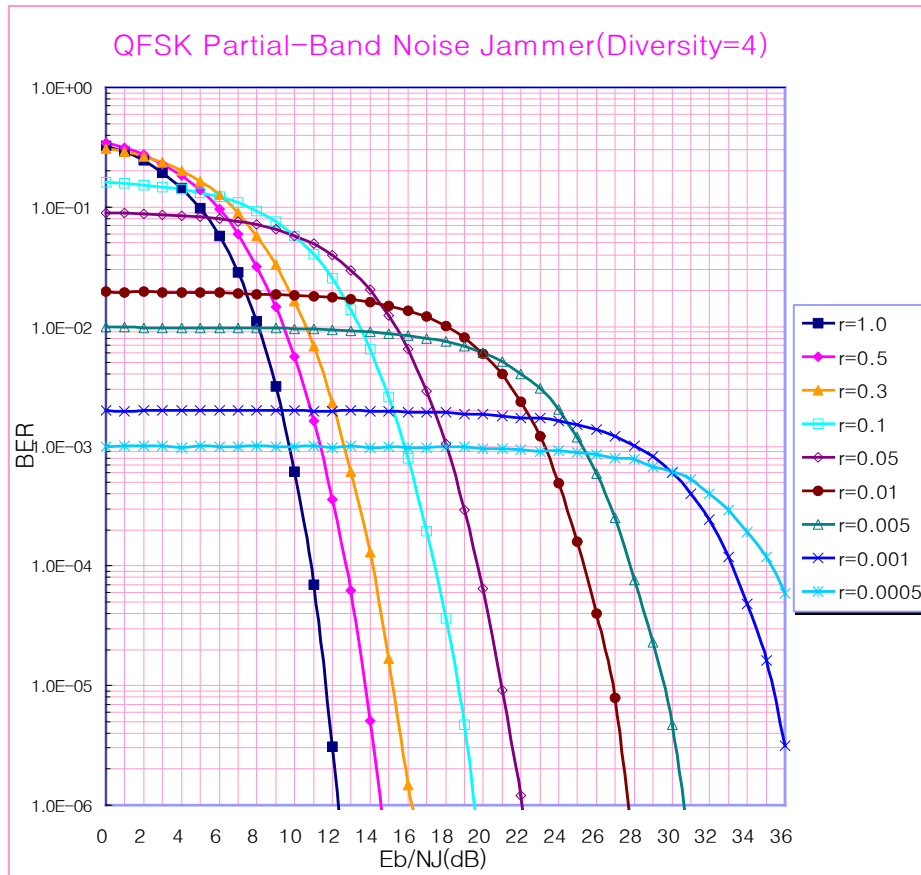
재밍모델 고려시 유의점(E_b / N_o)

- Jamming Noise \gg AWGN Noise :
- PCR의 경우 곱셈과정이 있으므로 0으로 할 경우 오차발생
- AWGN을 작으나마 고려

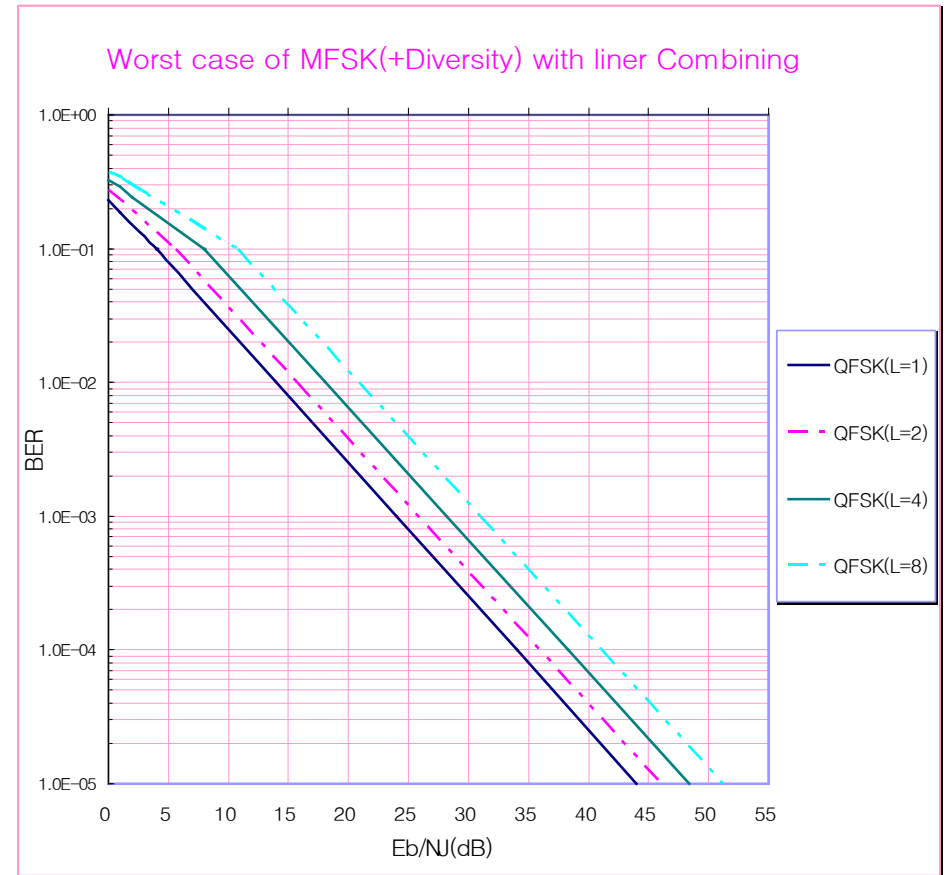
$$E_b / N_o = 15.50dB \text{ (BFSK, } BER = 10^{-8} \text{)}$$



□ SLC (Square-law linear combining)



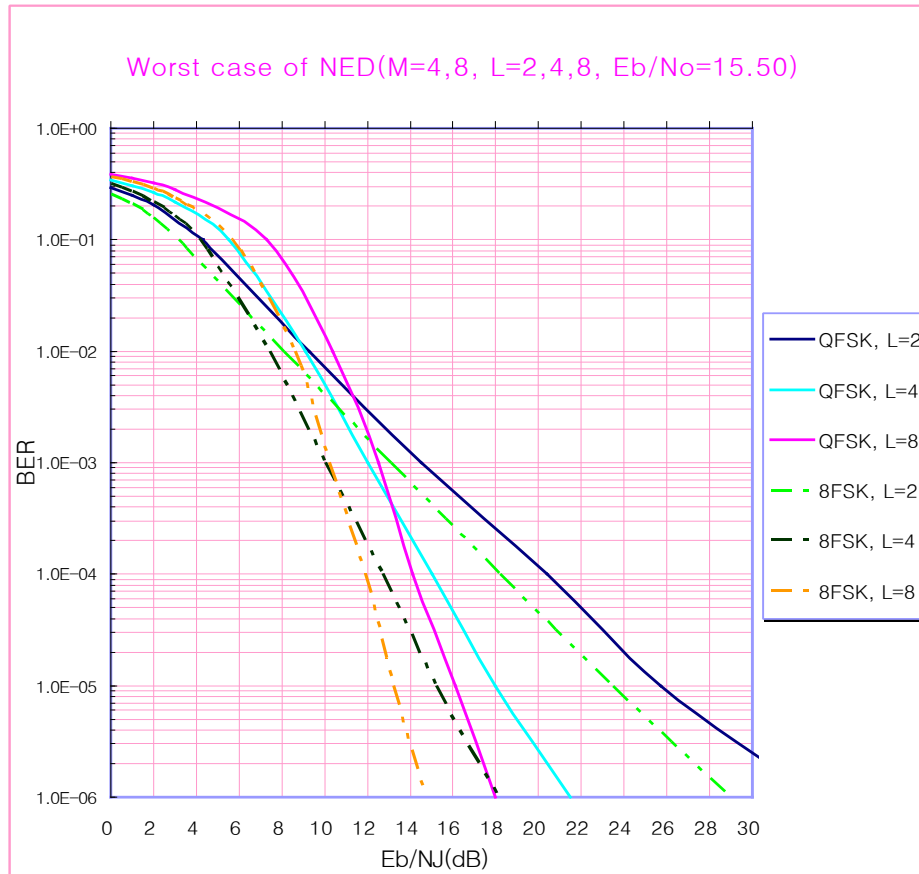
부분대역 재밍에서의 BER성능(SLC(M=4, L=4))



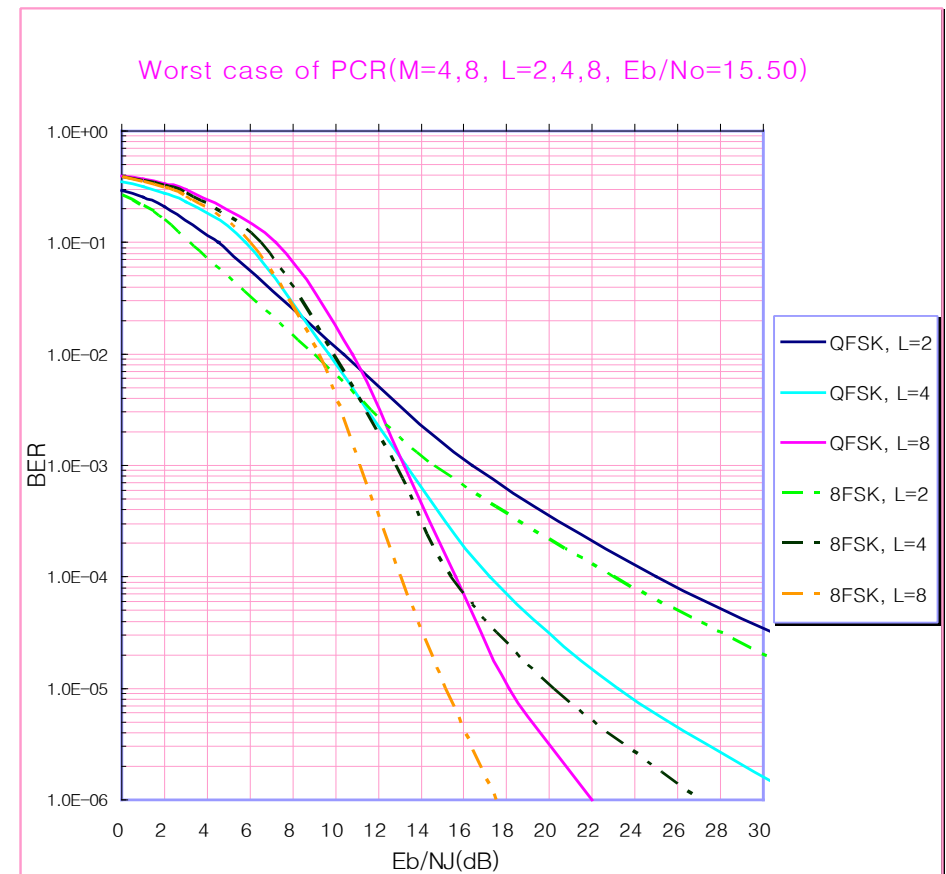
최악의 경우의 비트 오류율 성능비교(SLC)

※ 다이버시티 횟수 L 증가시, 성능 열화

CLC, NED, PCR, OS-NED



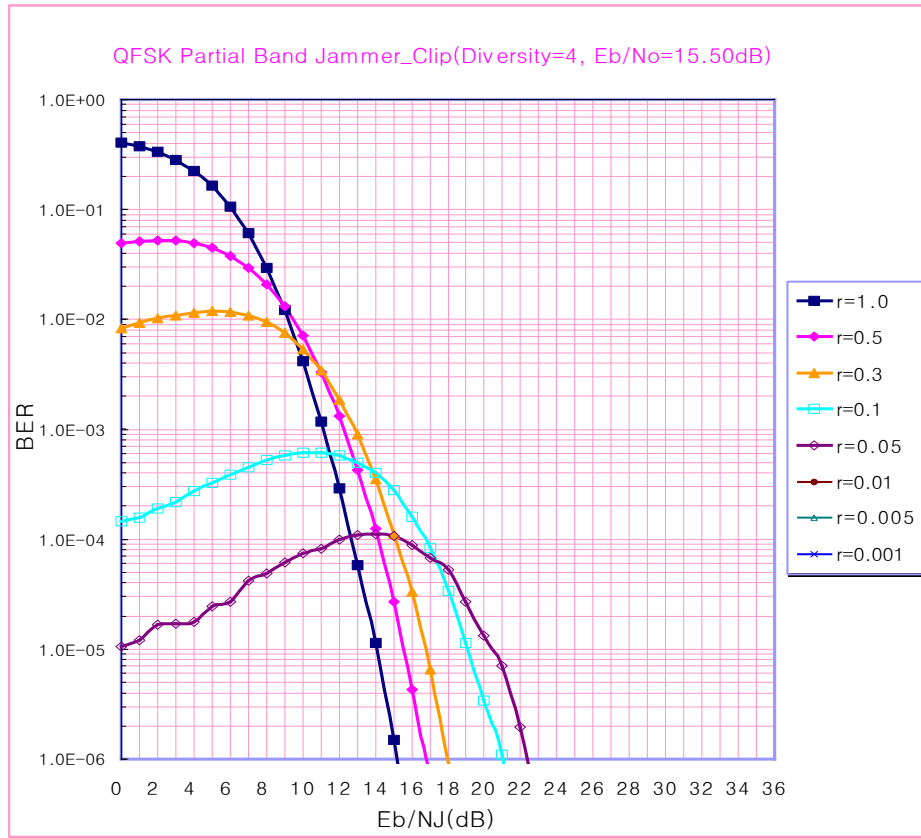
최악의 경우의 비트 오류율 성능비교(NED)



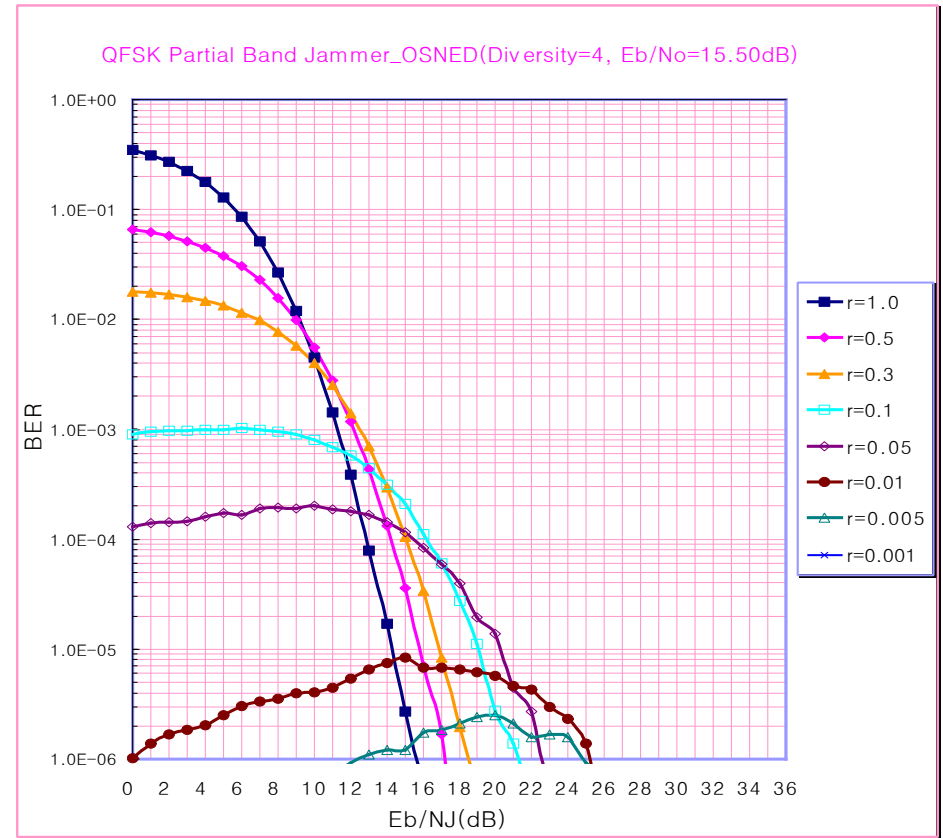
최악의 경우의 비트 오류율 성능비교(PCR)

※ SLC에서와 다르게 일정한 E_b / N_J 이상시 다이버시티가 증가할수록 성능 향상

CLC, OS-NED에서의 실험결과의 특이성 분석



부분대역에서의 BER 성능(CLC(M=4, L=4))

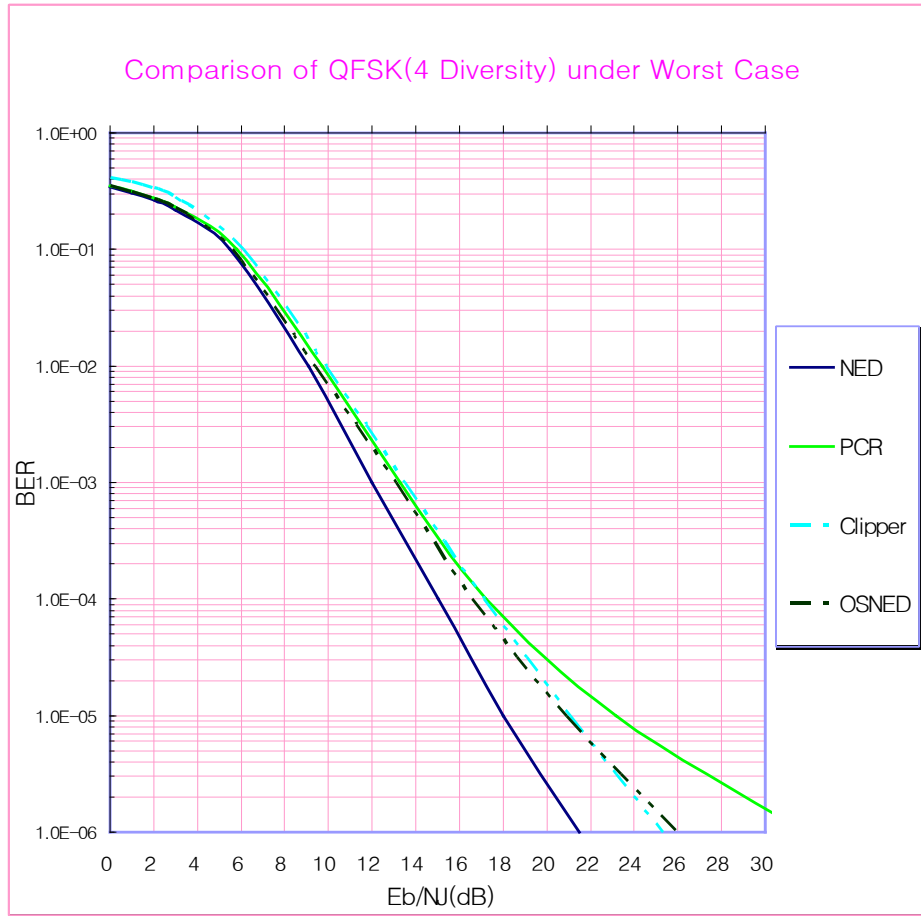


부분대역에서의 BER 성능(OS-NED(M=4, L=4))

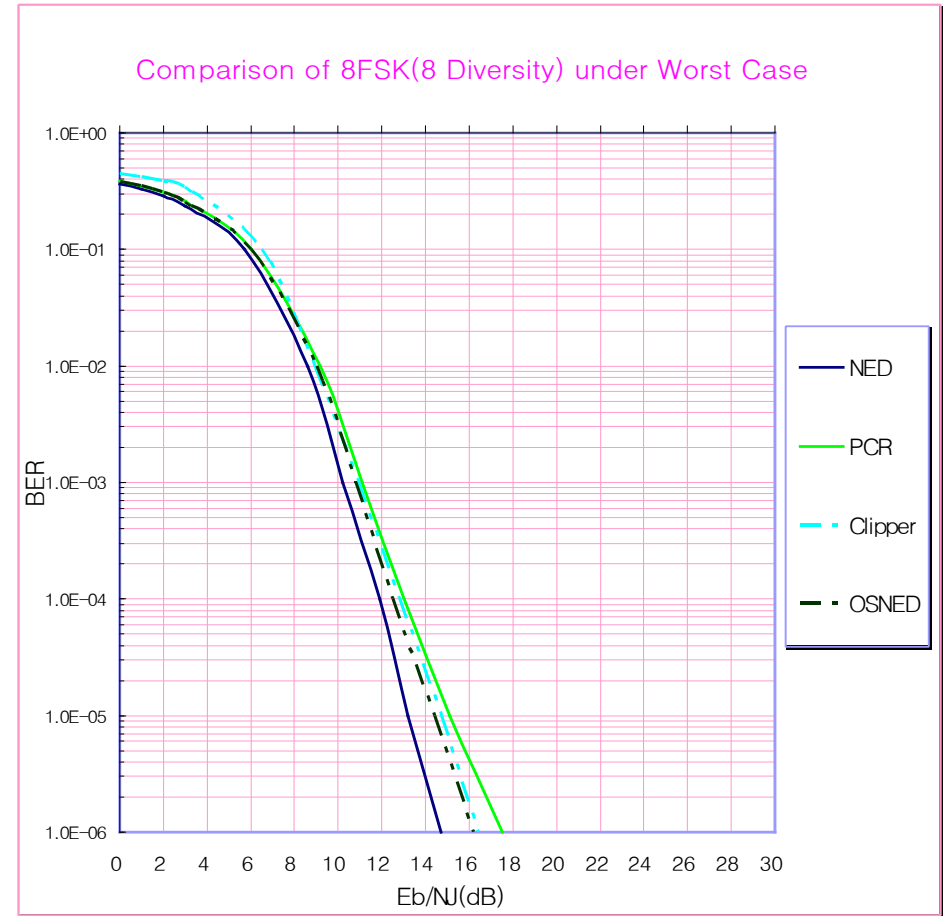
※ E_b/N_j 가 증가시 특정 E_b/N_j 를 사이에 두고 증가하다가 감소하는 포물선 모양의 그래프 그림

※ 결합방식 자체에 특이성의 기인

□ 각 다이버시티 결합방법의 성능 비교(1)



각 다이버시티 결합방법의 성능비교(M=4, L=4)



각 다이버시티 결합방법의 성능비교(M=8, L=8)

- 각 다이버시티 결합방법의 성능 비교(2) @BER 10^{-5}

비 교	Best(dB)	Good(dB)	Bad(dB)	Worst(dB)
QFSK(2Diversity)	NED(25.7)	PCR(36.0)	OSNED(36.3)	CLC(37.5)
QFSK(4Diversity)	NED(18.0)	OSNED(20.9)	CLC(21.1)	PCR(23.2)
QFSK(8Diversity)	NED(16.1)	CLC(17.1)	OSNED(17.2)	PCR(18.1)
8FSK(2Diversity)	NED(23.5)	PCR(33.2)	OSNED(33.8)	CLC(35.6)
8FSK(4Diversity)	NED(15.2)	OSNED(18.6)	CLC(19.1)	PCR(20.2)
8FSK(8Diversity)	NED(13.2)	OSNED(14.4)	CLC(14.7)	PCR(15.1)



모의 실험 결과 및 고찰 (7)



□ 각 다이버시티 결합방법의 성능 비교(3)

※ 모든 경우에서 NED가 성능 가장 우수

※ PCR의 경우 다이버시티가 낮은 경우에는 어느 정도의 성능이 보장
다이버시티가 높아질수록 가장 좋지 않은 성능

※ CLC의 경우 OS-NED와 비슷한 중간 정도의 성능
다이버시티가 낮을 경우 ($L=2$) 가장 좋지 못한 성능
- 다이버시티가 클수록 더 많은 초과성분을 잘라낼 수 있어 유리

※ OS-NED는 일반적으로 NED 다음가는 성능
- 정열의 과정이 재밍의 관점에서는 오히려 역효과를 주어 NED보다 성능 열화



Conclusion



- Diversity가 증가시 SLC에서는 성능이 열화되나,
다른 다이버시티 결합방식에서는 일정한 E_b / N_J 이상에서는 성능 향상.
- NED가 가장 성능 우수, PCR이 가장 성능 저조,
정열의 과정을 추가 사용한 OS-NED가 오히려 NED보다 성능 저조