

# 부분 대역 재밍 및 가산성 백색 가우시안 잡음 채널 하의 SFH/NC-BFSK 시스템에서 Erasure insertion 기법 및 RS-BCH 연접 부호를 이용한 항재밍 기법

김찬기, 양필웅, 전보환, 노종선,  
박진수\*, 송홍엽\*, 한성우\*\*

서울대학교, 연세대학교\*, 국방과학연구소\*\*

# 개요

1 서론

2 시스템 모델

3 실험 결과

4 결론

# 서론

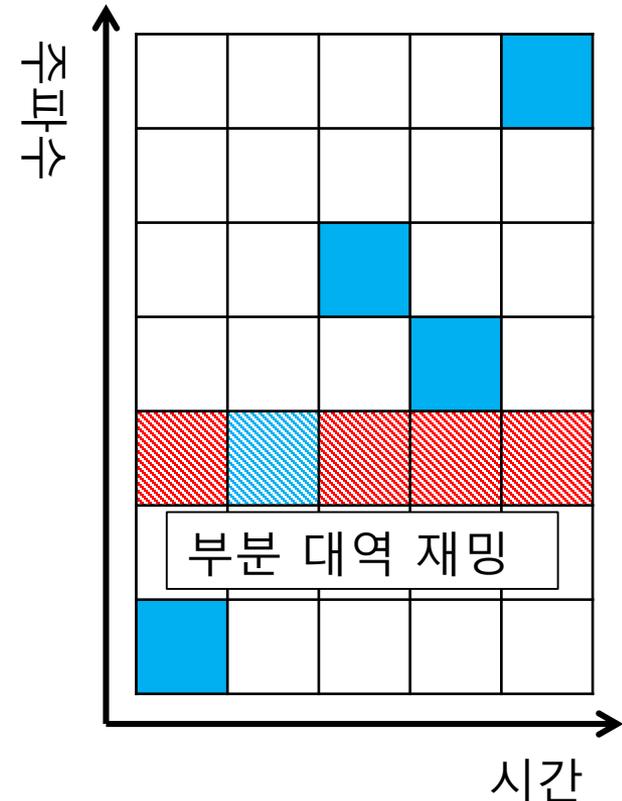
## 대역확산 시스템(spread spectrum)

PN 부호 사용, 시스템의 보안성 향상

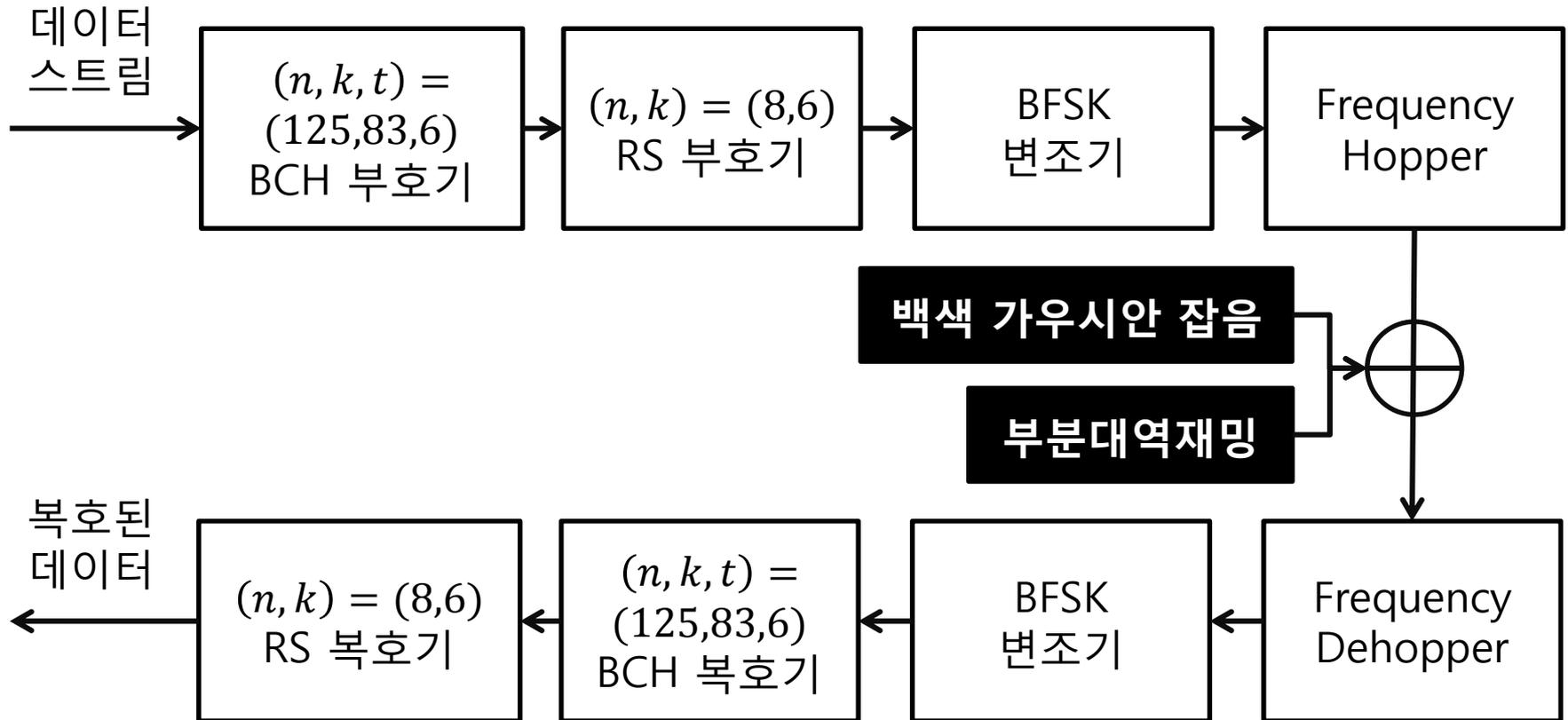
- 직접 확산(direct sequence)
- 주파수 도약(frequency hopping)
  - 빠른 주파수 도약(fast frequency hopping)
  - 느린 주파수 도약(slow frequency hopping)

**재밍** : 방해 전파를 이용하여, 정상적인 통신을 방해

- 부분 대역 재밍
  - 주파수 대역의 일부에 방해 전파를 송신
  - 제한된 전력을 사용할 경우 효율적



# 전체 시스템 모델



# 채널 및 도약 모델

## 채널 모델

- 가산성 백색 가우시안 잡음 : 신호 대 잡음비( $\frac{\epsilon b}{N_0}$ ) 가정
- 부분대역 재밍 : 재밍 비율  $\rho$ , 신호 대 재밍비 ( $\frac{\epsilon b}{N_j}$ ) 가정

## 주파수 도약

- 느린 주파수 도약 모델 : 한 홉 당 125 비트 전송을 가정  
(부분대역 재밍은 125비트의 연속 오류로 나타남)

## 변/복조기

- 비동기 BF나 변/복조기 가정

# 비동기 BFSK 복조기

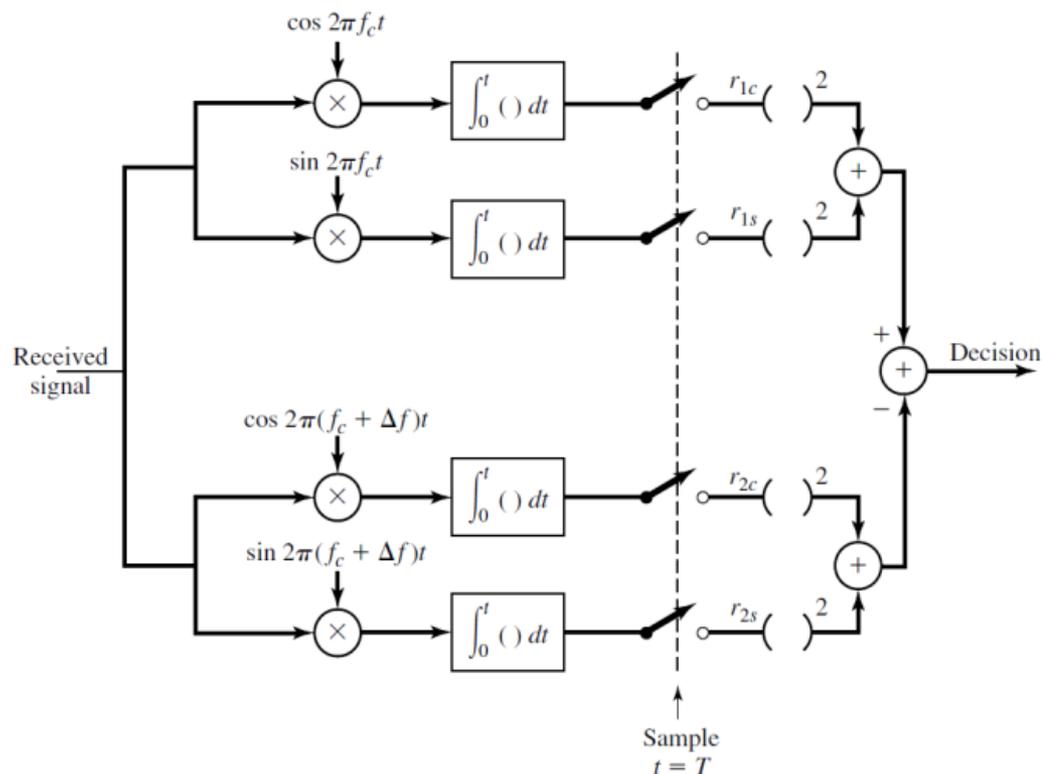
두 개의 주파수 슬롯  $r_1, r_2$  중  $r_1$ 의 신호를 보냈을 경우의 확률 분포는

$$f_{r_1} = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{(r_{1c}^2 + r_{1s}^2 + \epsilon_b)}{2\sigma^2}} I_0\left(\sqrt{\frac{\epsilon_b(r_{1c}^2 + r_{1s}^2)}{\sigma^2}}\right)$$

$$f_{r_2} = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{(r_{2c}^2 + r_{2s}^2 + \epsilon_b)}{2\sigma^2}}$$

재밍이 없었을 때, 한 비트가 오류로 검출될 확률은

$$P_2 = \frac{1}{2} e^{-\frac{\epsilon_b}{2N_0}}$$



# 부호 설계

전체 부호의 크기는  $(n, k) = (1000, 498)$ 이며 RS와 BCH 부호의 연접 구조로 이루어져 있음

## (125, 83, 6) 이진 BCH 부호

- (127, 85, 6)에서 2 비트를 펄칭한 부호
- Berlekamp-Messey algorithm을 사용해서 복호, syndrome 확인 후 정정용량보다 큰 부호에 대해서는 정정을 포기

## (8, 6) RS 부호

- 한 심볼 크기를 125 비트로 설정
- erasure insertion 및 BCH가 정정 못한 오류에 대해서 소실 복호화 수행
- 총 2개의 홉에 대해 정정 가능

## Erasure insertion 기법

논문 Ahmed, Sohail et al, "Erasure insertion in RS-Coded SFH MFSK subjected to tone jamming and Rayleigh fading." Vehicular Technology, IEEE Transactions on 56.6 (2007)을 참조

고정된 threshold 값  $\lambda$ 에 대해 홉 내의 어떠한 비트의 전력비

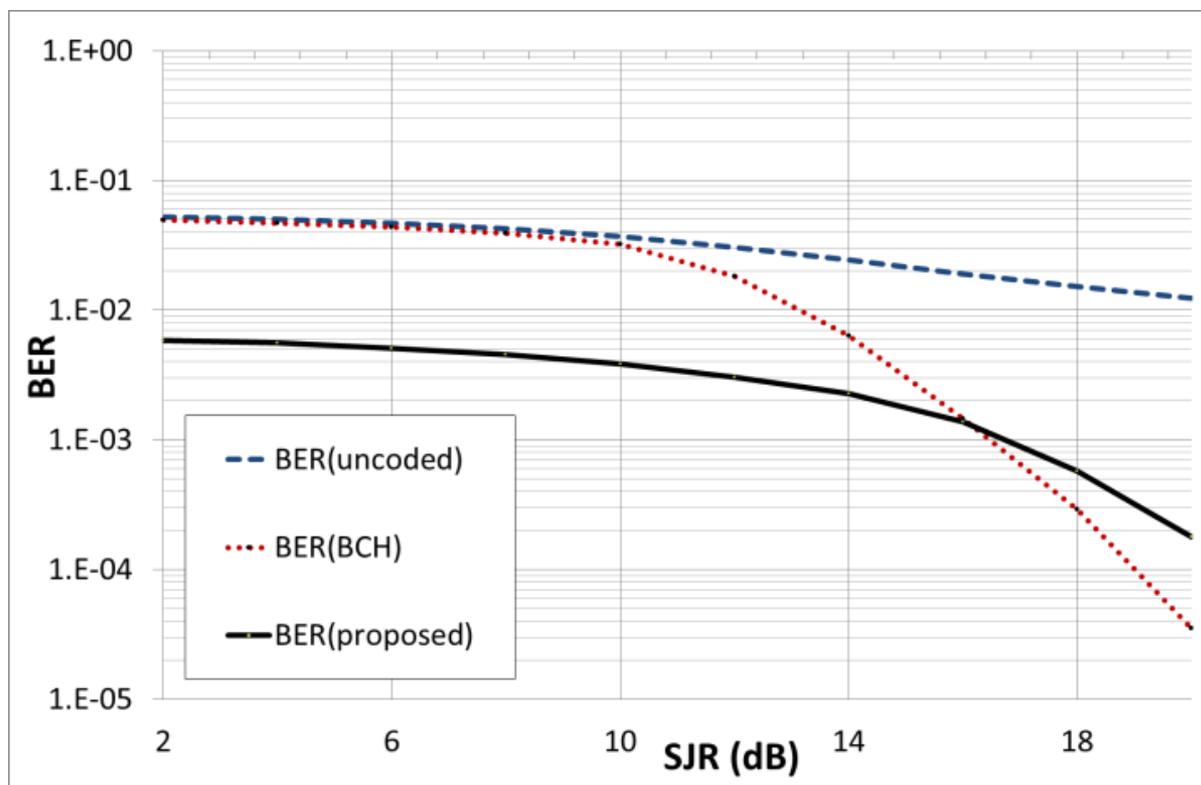
$$\lambda \leq \frac{\max\{r_1, r_2\}}{\sqrt{\epsilon_b}}$$

라도 만족하는 경우, 그 홉을 모두 소실 처리

소실처리된 홉은 BCH 복호에서는 정정 시도를 수행하지 않으며, RS 복호에서만 소실 복호화 기법을 통해 수행

# 실험 결과

대조군으로  $(n, k, t) = (1000, 490, 57)$ 의 BCH 부호를 사용(BER(BCH) 참조)  
SNR = 10[dB],  $\lambda = 3, \rho = 0.1$  일 때의 SJR 및 BER의 그래프는 아래와 같다.



## 결과 분석

낮은 SJR 값에서는 RS-BCH연접부호의 BER이 기존 채널 BER에 비해 약  $10^{-1}$  배 낮은 상태로 존재

BCH 부호와도 낮은 SJR 값에서는  $10^{-1}$ 배의 차이를 유지하였으나, 높은 SJR 값에서는 BCH 부호의 성능이 RS-BCH 연접부호의 성능을 능가함

다만 일반적으로 항재밍을 수행하는 입장에서

- 재밍 전력을 예측하기 힘들
- 높은 재밍 전력에 맞추어 높은 SJR값을 유지하기는 어려움

이 두 가지 이유에 의해 낮은 SJR 구간에서의 BER 성능 향상이 중요하다고 볼 수 있음

# 결론

## 시스템 모델 및 설계

느린 주파수 도약 상황 및 부분 대역 재밍 가정  
Erasure insertion 기법과 BCH, RS 부호를 이용

## 시뮬레이션

하였다. 또한 논문에서 제시된 방법을 고정된 SNR 값으로 시뮬레이션 수행  
낮은 SJR 값에서 BER 값을  $10^{-1}$ 배 정도 낮출 수 있음을 보여줌

## 참고 문헌

- [1] 강병무, 윤희균. "부분대역 간섭 환경의 주파수도약 대역확산 시스템에서 RS-콘볼루션 연쇄부호의 Erasure 복호방식." 한국통신학회논문지 24.12 (1999): 1960-1965
- [2] Ahmed, Sohail, Lie-Liang Yang, and Lajos Hanzo. "Erasure insertion in RS-Coded SFH MFSK subjected to tone jamming and Rayleigh fading." Vehicular Technology, IEEE Transactions on 56.6 (2007): 3563-3571
- [3] Proakis, John G., et al. Communication systems engineering. Vol. 2. Englewood Cliffs: Prentice-hall, 1994.