

부분 대역 재밍 및 가산성 백색 가우시안 잡음 채널하의 SFH/NC-BFSK 시스템에서 Erasure insertion 기법 및 RS-BCH 연결 부호를 이용한 항재밍 기법

김찬기, 양필웅, 전보환, 노종선, 박진수*, 송홍엽*, 한성우**
 서울대학교, 연세대학교*, 국방과학연구소**

{carisis, yangpw, netjic}@ccl.snu.ac.kr, jsno@snu.ac.kr, {js.park09, hysong}@yonsei.ac.kr*, hansw79@add.re.kr**

An Anti-Jamming Scheme Using RS-BCH Concatenation Code and Erasure Insertion in the SFH/NC-BFSK System under Partial Band Jamming and AWGN Channel

Chanki Kim, Pilwoong Yang, Bohwan Jun, Jong-Seon No,

Jin Soo Park*, Hong-Yeop Song*, Sung Woo Han**

Seoul National Univ., Yonsei Univ.*, Agency for Defence Development**

요약

본 논문은 부분 대역 재밍 및 가산성 백색 가우시안 잡음 채널 상의 SFH/NC-BFSK 시스템에서 재밍 탐지 및 오류 정정 기법을 이용한 연구이다. 재밍 탐지 기법으로 erasure insertion 기법 및 BCH 부호의 복호화 과정을 이용한다. 높은 부호율의 BCH 부호는 각 홉당 재밍이 존재하지 않았을 경우에 발생하는 오류를 정정하는데 이용되며, 큰 블록 단위의 RS 부호는 재밍으로 판단된 부분 및 BCH 부호가 복호하지 못했던 홉을 소실 복호화를 통해 복호하게 된다. 논문에서 제시된 기법을 이용한 경우 높은 SNR(Signal to noise ratio) 값에 비해 낮게 측정된 SJR(Signal to jamming ratio)에서 성능 개선 폭이 가장 두드러지게 나타났다.

I. 서론

대역 확산(spread spectrum) 시스템은 PN 부호를 이용하여 시스템의 보안성을 높인 기술이다. 그 중 주파수 도약 기술은 주파수를 여러 홉으로 나눈 후 통신시 사용하는 슬롯을 짧은 주기마다 바꾸어가며 사용하는 방식으로 각 슬롯에 들어가는 상대적인 비트 수를 기준으로 느린 주파수 도약(SFH)과 빠른 주파수 도약(FFH)으로 나눌 수 있다.

빠른 주파수 도약 기술은 한 비트 당 여러 홉을 사용하는 기술로 보안성이 매우 좋지만, 고속 데이터 전송 환경에서는 빠른 주파수 도약을 구현하는 것이 어려우며, 따라서 느린 주파수 도약을 사용하는 것을 보통 가정하게 된다.

재밍은 공격자 측에서 정상적인 통신을 방해하기 위해 방해 전파를 송신하는 기술이다. 그 중 부분대역 재밍은 통신시 사용하는 주파수 대역의 일부에만 전파를 송신하는 것을 의미하며, 공격자의 송신 전력이 제한되어 있을 경우 택할 수 있는 효율적인 재밍 방법 중 하나이다.

기존 연구에서도 오류 정정 부호를 이용해 항재밍을 수행하고자 하는 연구가 다수 있었다. 대표적으로 [1]에서는 반복적 복호 및 소실 처리 기법을 통해 및 RS와 길쌈 부호를 이용해 성능 분석을 수행했다.

II. 본론

II.1 시스템 모델

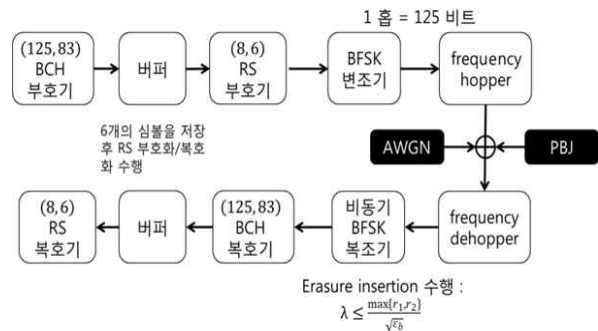


그림 1 시스템 모델

이 논문에서 채널 환경으로서 가산성 백색 가우시안 잡음(AWGN)과 부분대역 재밍(PBJ)이 동시에 존재하는 채널을 가정한다. SNR(신호 대 잡음 비) $\frac{E_b}{N_0}$ 와, 재밍 비율 ρ , SJR(신호 대 재밍 비)가 모수로서 존재하며, 이 논문에서는 $\frac{E_b}{N_0}$ 와 $\frac{E_b}{N_j}$ 을 조절해가며 수행하였다.

한 홉은 125 비트를 포함하고 있다고 가정하였으며, 따라서 재밍은 125 비트 단위의 연속 오류로 나타나게 된다.

검출 방법으로는 비동기 BFSK를 가정하며, 그 구조는 아래와 같

다. 만약 슬롯 r_1 에 신호를 보냈을 경우, 그 확률은

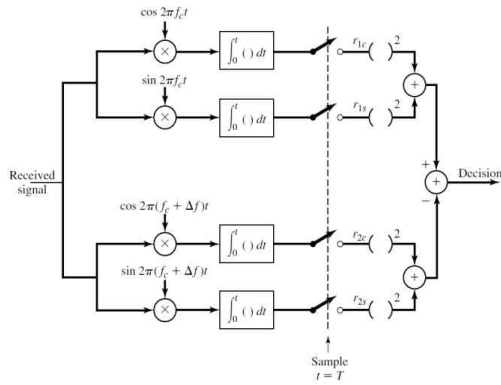


그림 2 비동기 BFSK 시스템 내 송신단 구조

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

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

이며 재밍이 없었을 때 $f_{r_1} < f_{r_2}$ 일 일때의 확률은 $\rho_b = \frac{\epsilon_b}{N_0}$ 이라고 가정할 때,

$$P_2 = \frac{1}{2} e^{-\frac{\rho_b}{2}} \quad (3)$$

이는 비트 오류가 발생할 확률이다.

전체 부호는 $(n, k) = (1000, 498)$ 의 크기이며, RS 부호와 $(n, k, t_{BCH}) = (125, 83, 6)$ BCH 부호의 연결 구조로 이루어져있다. 의 총 8개의 BCH부호는 병렬적으로 부호화되며, 각 부호는 한 홉을 형성한다. $(n, k) = (8, 6)$ RS 부호는 한 심볼이 한 홉 전체인 125 비트 단위로 부호화 된다.

오류 정정 과정을 수행하기 전에 재밍이 일어나는 지 탐지하는 과정이 선행되며, 이는 논문 [2]에서 소개된 erasure insertion 기법을 이용하였다. 이 논문에서는 그 과정을 변형하여, 고정된 threshold 값 λ 에 대해 전력비

$$\lambda \leq \frac{\max(r_1, r_2)}{\sqrt{\epsilon_b}} \quad (4)$$

을 만족하는 경우, 그 홉을 모두 소실 처리하였다.

BCH 부호는 가산성 백색 가우시안 잡음만이 있다고 판단되는 경우에만 작동하도록 설계되었다. 따라서 전력비가 threshold를 넘어가는 경우에는 오류 정정을 포기한다. 또한 복호하는 과정에서 Berlekamp-Messey 알고리즘을 이용해, 오류 위치의 계수가 t_{BCH} 를 넘어가는 경우도 오류 정정을 포기한 후 모두 소실 처리한다.

RS부호의 복호화는 BCH 부호의 복호화가 끝난 후에 작동되며 소실 복호화 기법을 사용하게 된다. 그 경우, 소실 채널에서의 정정용량은

$t_{RS} = n - k$ 이므로 총 2개의 홉 상 오류 정정 능력을 지니게 된다. RS 부호는 재밍 및 BCH 부호가 정정하지 못했던 홉을 정정하게 된다. 소실 처리된 홉이 3개 이상인 경우, RS 부호는 복호화를 포기하게 되며, 이 경우는 재밍이 정정되지 못한 상태로 신호를 받게 된다.

II.2 실험 결과

대조군으로 $(n, k, t) = (1000, 490, 57)$ 의 BCH 부호를 사용하였으며, $SNR = 10$ [dB], $\lambda = 3, \rho = 0.1$ 일 때 SJR 값을 x축으로 놓은 그래프는 아래와 같다.

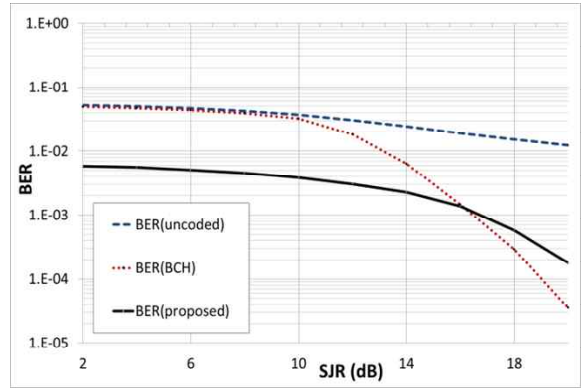


그림 3 BCH 부호 및 제안된 부호에 대한 성능 그래프

낮은 SJR 값에서는 RS-BCH연접부호의 BER이 약 10^{-1} 배 낮은 것을 알 수 있었으며, 채널 BER과는 그 차이를 더욱 유지하였다. 대조군으로서 사용된 BCH 부호와도 낮은 SJR 값에서는 10^{-1} 배의 차이를 유지하였으나, 높은 SJR 값에서는 BCH 부호의 성능이 RS-BCH 연접부호의 성능을 능가하였다. 다만 일반적으로 항재밍을 수행하는 입장에서 재밍 전력을 예측하기 힘들고, 높은 재밍 전력에 맞추어 높은 SJR값을 유지하기는 어렵다는 점에서 낮은 SJR 구간에서의 BER 성능 향상이 중요하다 볼 수 있다.

III. 결론

본 논문에서는 느린 주파수 도약 상황 및, 부분 대역 재밍 상황에서, Erasure insertion 기법과 BCH, RS 부호를 이용하여, 낮은 SJR 부분에서 성능 향상을 볼 수 있는 방법을 제시하였다. 또한 논문에서 제시된 방법을 고정된 SNR 값으로 시뮬레이션하여, 그 경우 낮은 SJR 값에서 BER 값을 10^{-1} 배 정도 낮출 수 있음을 보여주었다.

ACKNOWLEDGMENT

This work was supported by EWRC program of Agency for Defence Development of Korea.

참고 문헌

[1] 강병무, 윤홍균. "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.