

# 희소한 부분 대역 잡음 재밍 환경에서 OMP를 이용한 항재밍 통신시스템과 대역확산 방식을 이용한 BCH 코드의 성능 비교

방재원, 최해웅, \*이흥노

광주과학기술원 전기전자컴퓨터공학부

bjw1222@gist.ac.kr, Haeung@gist.ac.kr, \*heungno@gist.ac.kr

## Performance comparison on anti-jamming communication system using OMP with BCH code when sparse partial band noise jammings exist

Jae-Won Bang, Hae-Ung Choi, \*Heung-No Lee

School of Electrical Engineering and Computer Science

Gwangju Institute of Science and Technology (GIST)

### Abstract

In this paper, we analyze communication system performance when we are attacked for partial band noise jammings. We compare our system with BCH code when there are multi-tone jamming attacks. As a result of comparison, we show better performance of our system than BCH code performance. To have security feature such as Low Probability of Detection (LPD), we apply spread spectrum method to BCH code. Because Gaussian codewords are similar with shape of noise, it is hard for jammer to detect our signal. By using orthogonal matching pursuit (OMP), we can estimate jamming power when partial band noise jammings are sparse.

### I. 서론

항재밍(Anti-jamming) 통신 시스템은 재밍 공격(jamming attacks)이 존재할 때에도, 신뢰성있는 송수신을 위한 방법이고, 여러 통신시스템에 적용된다.[1] 저감청(Low Probability of Detection)은 제 3자로부터 통신신호를 감청당하지 않기 위한 방법이고, 저피탐(Low probability of interception)은 감청당하지 않기 위한 방법뿐만 아니라 신호를 해독 또한 당하지 않기 위한 방법이다. 하지만 많은 문헌에서 LPD와 LPI의 뜻을 혼용해서 사용하고 있다.[2] 본 논문에서는 두 가지를 모두 포함하는 용어로서, 저감청(LPDC)을 사용한다. LPDC특성을 갖기 위해서는 전력을 잡음수준으로 낮게 하는 방법과, 복잡한 시퀀스(sequence)를 사용하거나 송, 수신기와 재머(jammer) 사이의 위치를 다르게 해서 송, 수신신호를 보호하는 방법 등 다양한 방법이 존재한다.[3] 압축센싱(Compressed Sensing)은 신호가 희소성(Sparsity)을 가질 때, 신호처리를 하는 기법이다. 신호가 희소하거나 희소하게 만들 수 있는 모든 분야에서 널리 쓰일 수 있기 때문에 다양한 분야에 적용되고 있다.[4][5]

본 논문에서는 압축센싱 복원알고리즘 중 하나인 OMP 알고리즘을 이용해서 희소한 재밍신호를 추정할 수 있는 통신시스템[6]과 대역 확산 방식을 적용한 BCH code에 재밍공격의 유무에 따른 성능을 비교했다. 낮은 코드율(code rate)을 사용하지 않고, 다소 높은 코드율에 확산 시퀀스를 적용한 이유는 확산 시퀀스를 사용하면 대역폭이 넓어지고 전력크기가 낮아져 저감청 성능을 갖기

때문이다. 제안된 시스템의 항재밍 성능을 확인하기 위해 제안된 시스템과 대역확산 방식을 적용한 BCH 코드에 부분 대역 잡음 재밍공격이 없을 때, 부분 대역 잡음 재밍공격이 존재할 때의 비트오류율(Bit Error Rate)을 시뮬레이션으로 비교했다.

### II. 본론

#### 1. 시스템 설계

본 논문에서는 통신신호가 전송될 때, 채널단(Channel)에서 잡음과 더불어 재밍 신호도 포함되는 환경을 고려했다. 시스템 모델을 수식으로 나타내면 다음과 같다.

$$r = c + n + j \quad (1)$$

여기서  $r$ 은  $N \times 1$ 의 수신신호 벡터,  $n$ 은  $N \times 1$ 의 잡음신호 벡터, 그리고  $j$ 는  $N \times 1$ 을 갖는 재밍신호 벡터를 뜻한다. 코드워드  $c$ 가  $N \times M$  가우시안 행렬  $G$ 를 생성행렬로 하여 인코딩되었다고 하면,  $c$ 는 다음과 같다.

$$c = Gm$$

이 때 코드워드(codeword)  $c$ 의 길이가 충분히 길면, 인코더의 출력은 가우시안 분포와 유사하다. 가우시안 분포인 코드워드의 형태가 잡음과 비슷하기 때문에 코드워드  $c$ 인 통신신호와 잡음을 구분하기가 힘들다. 즉, 재머(jammer)가 통신신호를 감청하지 못하게 할 수 있는 저감청(LPI)의 특징을 가진다.

(1)에서 재밍신호를 제거하기 위해 패리티 검사 행렬(Parity check matrix)  $H$ 를 곱하면,

$$s = Hc + Hn + Hj$$

와 같이 표현될 수 있고, 패리티 검사행렬과 생성행렬의 곱이 항상 0이므로 다음과 같이 표현된다.

$$s = Hj + Hn \quad (2)$$

(2)에서  $M \times N$ 행렬  $H$ 는  $M$ 보다  $N$ 이 더 크기 때문에 일반적인 방법으로는 재밍신호 벡터  $j$ 를 복구할 수 없지만, 재밍신호가 희소하다고 가정했기 때문에 압축센싱 방법을 이용하면 추정할 수 있다. 수신단에서 추정된 재밍신호를 제거하면 다음과 같은 식을 얻을 수 있다.

$$\tilde{r} = r - j = c + n$$

$\tilde{r}$ 은 재밍신호를 제거한 수신신호이다. 이 때  $\tilde{r}$ 로부터  $c$ 를 복구하기 위해 least square 방법을 사용했다.

## 2. 시뮬레이션

제안된 시스템의 항재밍 성능을 확인하기 위한 비교대상으로 BCH 코드를 이용했다. 코드율을 제안된 시스템과 최대한 비슷하게 하고, 저피탐 특징을 갖기 위해 BCH에 확산 시퀀스 방법을 적용했다. (7,4) BCH코드에 Spread Spectrum 비율을 30으로 해서 0.019의 코드율을 얻었고, 이는 제안된 시스템의 코드비율인 0.02와 유사하다. 시뮬레이션 반복횟수는 500으로 했고, AWGN채널을 가정했다. 그림 1은 재밍공격이 없을 때, 제안된 시스템과 확산 시퀀스를 적용한 BCH코드의 성능을 비교했다. 비교결과, BCH코드가 더 좋은 성능을 가졌음을 확인할 수 있다.  $E_b/N_0$ 에 따른 BER을 그래프로 나타냈다.

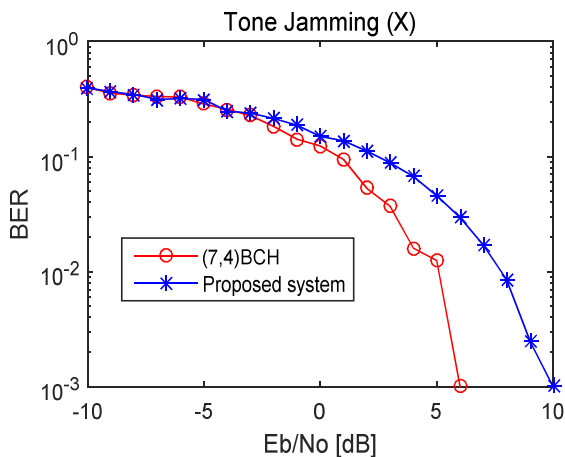


그림 1. 재밍공격이 없을 때, 제안된 항재밍 통신시스템 vs BCH코드 BER.

그림 2는 재밍공격이 있을 때, 재밍공격을 추정한 제안된 시스템과 BCH 코드 그래프의 BER그래프이다. 재밍 전력은 AWGN의 100배의 크기로 설정했다.  $E_b/N_0$ 에 따른 BER을 그래프로 나타냈다. 그림 1에서 알 수 있듯이, 재밍이 없을 때는 제안된 시스템보다 BCH코드가 더 나은 성능을 보이지만, 그림 2와 같이 재밍공격이 있을 때, 제안된 시스템이 비교 코드보다 더 나은 성능을 가짐을 보였다. 시뮬레이션 조건은 메시지 길이는 4, 코드워드 길이는 128, 재밍 희소치는 1/4로 모델링하였다.

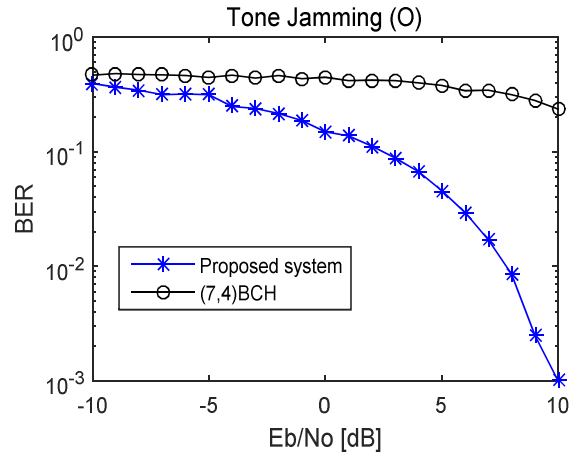


그림 2. 재밍공격이 있을 때, 제안된 항재밍 통신시스템 vs BCH코드 BER.

## III. 결론

본 논문에서는 재밍을 추정하여 제거할 수 있고 저감청의 특징을 가진 통신 시스템을 BCH코드와 비교하였다. 압축센싱 복구 알고리즘인 OMP 방법을 사용하여 희소한 톤재밍을 추정하였고, 가우시안 행렬을 사용해서 저감청의 특징을 얻었다. BCH코드와 비교 시에, 코드율을 비교기준으로 삼았고, BCH코드도 LPD 성능을 얻기 위해 대역확산 시퀀스 방법을 적용했다. 비교 결과, 제안된 시스템이 더 나은 성능을 가짐을 보였다.

## ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 광주과학기술원 전자전통화센터를 통한 방위사업청과 국방과학연구소 연구비 지원으로 수행되었습니다.

## 참고 문헌

- [1] M. K. Simon, J. K. Omura, R. A. Scholtz and B. K. Levitt, *Spread Spectrum Communications Handbook*, McGraw-Hill, New York, 2002.
- [2] J. D. Vlok, "Detection of Direct Sequence Spread Spectrum Signals", Ph.D. Thesis, School of Engineering University of Tasmania Hobart, South Africa, 2014.
- [3] P. E. Pace, *Detecting and Classifying Low Probability of Intercept Radar*, Artech House, Boston, 2009.
- [4] David L. Donoho, "Compressed Sensing", *IEEE Transactions on Information Theory*, Vol. 52, pp. 1289-1306, Sept 2006.
- [5] Richard G. Baraniuk, "Compressive Sensing" *IEEE Signal Processing Magazine*, Vol. 24, No. 4, pp. 118-120, 124, July 2007.
- [6] 방재원, 최해웅, 김철순, 이흥노, "압축센싱 신호처리 기법을 적용한 항재밍/저피탐 통신 시스템", 2016년도 한국통신학회 하계종합학술발표회, Vol.60, 1289-1290, June, 2016.