

압축센싱 신호처리 기법을 적용한 항재밍/저피탐 통신 시스템

방재원, 최해웅, 김철순, *이흥노

광주과학기술원 전기전자컴퓨터공학부

bjw1222@gist.ac.kr, Haeung@gist.ac.kr, csk0315@gist.ac.kr, *heungno@gist.ac.kr

Anti Jamming/Low Probability of Detection Communication System Using Compressed Sensing

Jae-Won Bang, Hae-Ung Choi, Chul-Sun Kim, *Heung-No Lee

School of Electrical Engineering and Computer Science

Gwangju Institute of Science and Technology (GIST)

요약

In this paper, we show a novel anti-jamming and low probability of detection communication system using Gaussian generator matrix and compressed sensing technique. Our new system has an immunity to tone jamming or partial band jamming since its sparsity on time-frequency domain can be utilized to estimate and mitigate itself. In addition, since the communication codeword has a Gaussian-like shape, third party cannot recognize whether the communication signal exists or not.

I. 서론

항재밍(Anti-jamming)통신이란 재밍공격이 존재할 때에도 통신의 신뢰성을 유지하기 위한 통신방법이고,[1] 저피탐(Low Probability of Detection)통신은 제 3자가 통신신호를 탐지하기 어렵도록 하는 통신방법을 의미한다.[2][3] 이러한 방법은 일반적인 보안 목적이나 군 통신에서 재밍공격에 대하여 통신품질을 유지하기 위하여 쓰이고 있다.[4]

압축센싱(Compressed Sensing)은 최근에 주목받고 있는 신호처리 방법으로써 신호의 희소성(sparsity)을 이용해 신호처리를 하는 기법이다. 목표로 하는 원신호가 희소성을 지니고 있는 모든 분야에서 널리 쓰일 수 있기 때문에 각광받고 있으며 많은 응용분야에서 쓰이고 있다.[5][6]

본 논문에서는 압축센싱 신호처리 방법을 사용한 항재밍/저피탐 통신 시스템을 소개했다. 제안된 시스템에서는 재밍을 희소하게 표현하여 압축센싱기법을 통해 이를 제거하였고, 가우시안 코드워드를 사용하여 저피탐 특성을 얻었다. 또한 제안된 시스템의 항재밍 성능을 확인하기 위하여 특정 전력의 재밍공격이 있다고 가정했을 때 제안된 방법의 항재밍 성능을 시뮬레이션을 통해 나타냈다.

II. 본론

1. 시스템 설계

본 논문에서는 채널을 통해 통신신호가 전송될 시에 잡음과 더불어 재밍 신호 또한 포함되는 재밍 환경을 고려했다. 다루고자 하

는 시스템 모델을 수식으로 나타내자면 다음과 같다.

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

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

$$c = Gm$$

이 때 c 로 표현되는 코드워드(codeword)의 길이가 충분히 길면, 인코더의 출력은 가우시안 분포를 따른다. 이러한 형태의 코드워드는 가우시안 잡음과 비슷한 과형을 가지기 때문에, 통신신호를 잡음 신호와 구분하기가 힘들다. 따라서 통신 당사자가 아닌 제 3자가 통신신호를 탐지하지 못하도록 막을 수 있다. 즉, 저피탐 통신이 가능하다.

한편, (1)에서 재밍신호를 제거하기 위해서는 패리티 검사 (parity check) 행렬 H 를 사용할 수 있다. (1)의 양변에 H 를 곱하면 다음과 같은 수식을 얻을 수 있다.

$$s = H(c + j + n) \\ = Hc + Hj + Hn$$

이 수식은 패리티 검사 행렬과 생성행렬의 곱이 항상 0이므로

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

와 같이 표현될 수 있다. 이 때, 코드워드를 그림1 와 같이 시간과 주파수축으로 넓게 퍼뜨려 배열함으로써 재밍공격을 희소하게 표현할 수 있다.

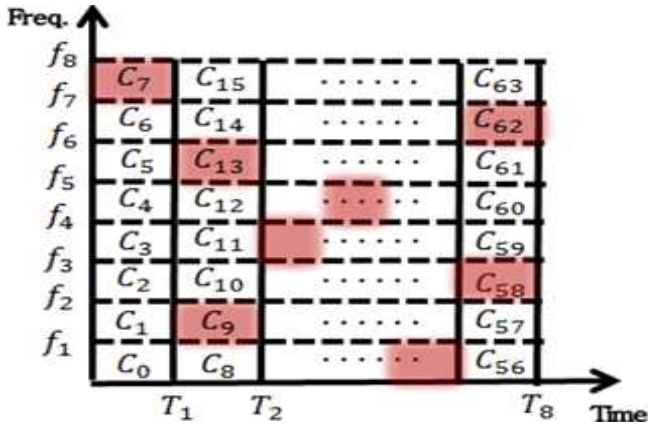


그림 1. 시간과 주파수 축으로 넓게 퍼뜨린 코드워드

그림 1은 시간과 주파수 축으로 넓게 퍼뜨린 코드워드이다. (2)에서 $M \times N$ 행렬 H 는 $M < N$ 이므로 일반적인 방법으로는 j 를 복구할 수 없지만, 재밍신호가 희소하므로 압축센싱 방법을 이용하면 이를 추정할 수 있다.

재밍신호의 추정이 정확하다는 가정 하에 수신된 신호에서 추정된 재밍신호를 제거하면 다음과 같은 식을 얻을 수 있다.

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

여기서 \tilde{r} 은 재밍신호를 제거한 수신신호이다. 이 때 \tilde{r} 로부터 c 를 복구하기 위해서는 Least Square 방법 등을 사용할 수 있다.

2. 시뮬레이션

제안된 방법을 사용한 통신시스템의 항재밍 성능을 확인하기 위하여 시뮬레이션으로 SNR에 따른 BER의 변화를 보였다. JNR(Jamming-to-Noise Ratio)로 표현되는 재밍공격의 크기는 [1][2]를 참고하여 20dB로 설정하였다. 제안된 방식을 사용하여 재밍 신호를 제거했을 때와 코딩을 사용하지 않은 경우를 비교했다. AWGN채널을 가정하였고, Baseband equivalent 모델을 사용하였다. 시뮬레이션 조건은 메시지 길이(M)는 5, 코드워드의 길이(N)는 500으로 설정하였다. 이 코드워드를 시간과 주파수 축의 평면상에 퍼뜨려서 전송하는 것으로 가정하여 재밍신호를 희소치(sparsity)가 100인 희소벡터로 모델링하였다. 시뮬레이션 포인트 당 반복횟수는 400회로 하였다.

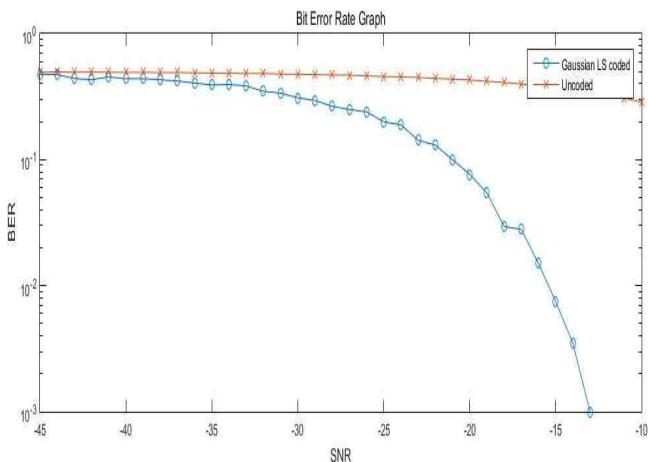


그림 2. 20dB일 때 재밍공격 제거의 유무에 따른 BER.

그림 2는 20dB일 때 재밍공격 제거의 유무에 따른 BER의 변화

를 나타낸 그래프이다. 가로 축은 SNR의 범위를 나타내고, 세로 축은 시뮬레이션을 통해 계산한 BER이다. Uncoded 방법에 비해 제안된 방법의 BER성능이 더 뛰어난 것으로 제안된 방법의 항재밍 성능을 확인할 수 있다.

III. 결론

본 논문에서는 제 3자의 통신신호 탐지를 막으면서, 재밍 공격 또한 추출 및 제거하는 항재밍/저피탐 통신 시스템을 제안하였다. 제안된 통신 시스템은 가우시안 생성행렬을 이용한 채널코딩으로 저피탐 특성을 얻었고, 압축센싱기법을 통해 재밍에 대한 내성을 얻을 수 있었다. 또한 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 제안된 시스템이 항재밍 성능을 지녔음을 보였다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 광주과학기술원 전자전통화센터를 통한 방위사업청과 국방과학연구소 연구비 지원으로 수행되었습니다.

참고 문헌

[1] Chen Xian-Ning, Qun Wan, and Yang Wan-Lin, "A Novel GPS Antijamming Receiver Based on Noncircularity" *Journal of Electrical and Computer Engineering* Vol. 2010, No. 451214 pp 1-4, 2010.

[2] Ralph Schoolcraft, "Low probability of detection communications-LPD waveform design and detection techniques", in *IEEE MILCOM*, Nov 1991.

[3] 김정훈, 정준우, 김중빈, 임재성, "생존성 향상을 위해 신뢰성 및 저피탐을 보장하는 멀티캐스팅 MAC 프로토콜 기법", *한국통신학회논문지* 10-11 Vol. 35 No. 11, pp. 1685-1695, Oct 2010.

[4] 정의립, 원현희, 조성우, 안병선, "GPS 수신기에서 간섭신호에 대응하기 위한 배열 안테나기반 능동 간섭 제거 방안". *한국정보통신학회논문지*, Vol. 19, pp. 1539-1545, July 2015.

[5] David L. Donoho, "Compressed Sensing", *IEEE Transactions on Information Theory*, Vol. 52, pp. 1289-1306, Sept 2006.

[6] Richard G. Baraniuk, "Compressive Sensing" *IEEE Signal Processing Magazine*, Vol. 24, No. 4, pp. 118-120, 124, July 2007.