

# DSSS 시스템에서 주파수 오프셋을 이용한 리피터 재밍

고병훈, 이두호, 변일무, 김광순  
연세대학교 전기전자공학과

e-mail : {bhko, dh.rhee, dlfan, ks.kim}@yonsei.ac.kr

## The Repeater Jamming Based on the Frequency Offset in Direct Sequence Spread Spectrum Systems

Byung Hoon Ko, Duho Rhee, Ilmu Byun, Kwang Soon Kim  
School of Electrical and Electronic Engineering  
Yonsei University

### Abstract

Direct sequence spread spectrum (DSSS) has inherent anti-jamming characteristics, so the normal jamming types such as tone jamming and partial band jamming cannot be effective jamming techniques. In this paper, the repeater jamming based on the frequency offset is proposed and the simulation result shows that the repeater jamming with the increased frequency offset is effective to degrade the bit error probability performance.

### I. 서론

DSSS 시스템은 확산 이득 (processing gain)과 확산 부호 (spreading code)의 자기상관 (autocorrelation) 특성 때문에 그 자체로서 톤 (tone) 재밍 (jamming)이나 부분 대역 (partial band) 재밍과 같은 일반적인 재밍에 강인한 성질을 가지고 있다. 그러므로 이와 같은 일반적인 재밍 방법으로는 DSSS 시스템에서 효과적인 재밍 성능을 얻을 수 없다.

리피터 (repeater) 재밍은 수신된 무선 주파수 신호와 동일한 무선 주파수 신호를 발생시킬 수 있는 디지

털 주파수 기억 장치 (DRFM : digital radio frequency memory) [1]를 사용하여 공격 대상 신호의 특성을 이용하는 재밍 방법으로 주파수 도약 (FH : frequency hopping) 시스템에 효과적인 재밍 방법으로 제안되었지만 DSSS 시스템에서도 효과적인 재밍 방법이 될 수 있다 [2,3]. 본 논문에서는 디지털 주파수 기억 장치를 사용하여 공격 대상 신호를 복원한 후 복원된 신호에 주파수 오프셋을 발생시킨 신호를 리피터 재밍으로 정의하고, 주파수 오프셋에 따른 리피터 재밍의 성능을 알아본다.

### II. 시스템 모형

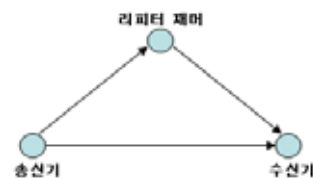


그림 1 재밍 환경

본 논문에서는 그림 1 과 같이 한 개의 송신기, 수신

기 그리고 리피터 재머로 이루어진 재밍 환경을 고려한다. 리피터 재머는 송신기의 신호를 복원하고 복원된 신호에 주파수 오프셋을 발생시킨 재밍 신호를 발생시킨다 [4]. 각 경로의 채널은 AWGN (additive white Gaussian noise) 채널로 가정한다. 수신기에서 수신된 신호는 아래 식 (1)과 같이 정의 된다.

$$\begin{aligned} r(t) &= s(t) + j(t) + n(t) \\ j(t) &= s(t) \times e^{j2\pi f_c t} \end{aligned} \quad (1)$$

송신기에서 전송하는 신호는 채널 추정을 위한 파일럿 (pilot) 채널과 데이터를 전송하는 채널로 이루어진다 [4]. [5]에서와 같이 선형 보간법(linear interpolation)을 이용하여 채널 추정을 하는 파일럿 채널의 확산 계수 (spreading factor)는 256이고 데이터 채널의 확산 계수는 16이며, 10ms 동안 38400개의 칩 (chip)을 전송하는 3.84MHz의 대역을 사용한다.

### III. 모의 실험

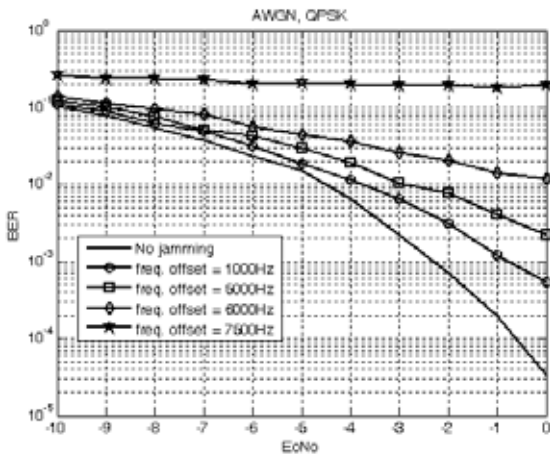


그림 3 주파수 오프셋에 따른 재밍 성능 비교

이번 모의 실험에서는 시스템 모형에서 정의된 시스템 환경에서 재밍 신호의 주파수 오프셋 크기에 따른 재밍 성능을 알아보았다. 송신 신호와 같은 전력을 가지는 재밍 신호의 시간 지연은 256개의 칩으로 이루어진 한 슬롯 (slot)으로 가정 하였다. 시간 동기는 정확하다고 가정한 후 레이크 (rake) 수신기를 이용하여 지연된 재밍 신호를 수신하고 송신기로 부터 수신된 신호와 결합시킨다. 그림 2의 결과를 통해서 주파수 오프셋의 크기가 증가함에 따라 재밍 성능이 향상됨을 확인할 수 있다. 이러한 결과는 주파수 오프셋이 커질수록 신호의 변화가 빨라지고 따라서 파일럿 심볼

(symbol)이 이러한 변화를 따라가지 못하여 주파수 오프셋 추정이 어려워졌기 때문이다. 특히 주파수 오프셋이 파일럿 심볼 (symbol) 주파수의 절반이 되는 7500Hz 인 경우에는 비트 에러 확률에서 완벽한 재밍 성능이 나타남을 알 수 있다.

### IV. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문에서는 확산 부호의 자기 상관 특성으로 인하여 일반적인 재밍이 효과적이지 못한 DSSS 시스템에서 공격 대상 신호에 주파수 오프셋을 발생시킨 형태의 리피터 재밍 성능을 모의 실험을 통하여 알아보았다. 주파수 오프셋이 커질수록 파일럿 심볼의 주파수 오프셋 추정이 어려워짐에 따라 재밍 성능이 향상됨을 확인하였다.

이번 모의 실험에서는 송신기와 수신기, 그리고 재머와 수신기 사이의 채널을 AWGN 채널로 가정하였다. 향후 조금 더 실제적인 통신 환경을 가정하기 위해서 다중 경로 페이딩 (fading)을 가정한 채널 환경에서 모의 실험을 수행한다. 또한 채널 부호화와 채널 추정 방법에 대한 연구를 통하여 본 논문에서 정의된 주파수 오프셋을 이용한 리피터 재밍에 강인한 항재밍 방법에 대하여 연구한다.

### 참고문헌

- [1] C. Quan *et al.*, "Application of DRFM in high frequency ground wave radar," *Proc. ICASIC*, pp. 774-777, Oct. 2005.
- [2] D. Torrieri, "Fundamental limitations on repeater jamming of frequency-hopping communications," *IEEE J. Sel. Areas Commun.*, vol. 7, pp. 569-575, May. 1989.
- [3] W. Hang *et al.*, "Performance of DSSS against repeater jamming," *Proc. ICECS*, pp. 858-861, Dec. 2006.
- [4] T. Chulajata *et al.*, "Coherent slot detection under frequency offset for W-CDMA," *Proc. VTC*, pp. 1719-1723, May. 2001.
- [5] B. Lindoff *et al.*, "Channel estimation for the W-CDMA system, performance and robustness analysis from a terminal perspective," *Proc. VTC*, pp. 1565-1569, May. 1999.