

# 간헐적 재밍 네트워크에서 기회적 전송기법을 이용한 항재밍 성능 향상 기법

남현우, 정방철  
충남대학교 전자전파정보통신공학과  
e-mail : hwnam@cnu.ac.kr, bcjung@cnu.ac.kr

## Anti-Jamming Performance Improvement via Opportunistic Transmission Technique for Bursty Jamming Networks

Hyunwoo Nam and Bang Chul Jung  
Department of Electronics Engineering  
Chungnam National University

### Abstract

In this paper, we consider a bursty jamming network where a single legitimate wireless link and  $J$  bursty jammers exist in fading environments. We propose an opportunistic transmission technique based on the legitimate channel gain. We first mathematically analyze the outage probability of the legitimate communication by considering the  $2^{J-1}$  jamming states. It is shown that the opportunistic transmission technique results in much better performance than the conventional non-bursty transmission technique.

### I. 서론

무선통신 네트워크에서 발생하는 간섭은 제한된 주파수 자원의 효율적인 이용에 매우 큰 방해요소이다. 이러한 간섭을 타인의 전자기파 사용을 방해하기 위해서 의도적으로 발생하는 기술을 재밍이라 한다. 이러한 재밍 공격은 군통신 네트워크에서 치명적이기 때문에 이를 막기 위한 항재밍 기술들이 많이 개발되고 있다 [1-2]. 이러한 항재밍 기술들은 셀룰러 네트워크에서 간섭관리 기술들과 이론적으로 매우 유사하다. 재밍 공격은 일반적으로 매우 많은 전력 소모를 요구하므로 공격이 시간 영역에서 간헐적인 특성을 가진다. 한편, 셀룰러 네트워크에서 인접 셀 간섭의 간헐적 특성을 고려하여 기회적으로 전송하는 기법이 제안되었고 [3], 최근 기회적 전

송기법의 성능이 다중셀 환경에서 분석되었다 [4].

본 논문에서는 기존의 간헐적 간섭을 고려한 기회적 전송기법을 이용하여 재밍공격에 강한 항재밍 성능 향상 기법을 제안한다.

### II. 시스템 모델

본 논문에서는  $J$ 개의 재머가 존재하는 재밍 시스템을 고려한다. 각 재머는 사용자의 동작패턴을 파악하여 동일한 주파수를 사용하며 각 재머와 사용자 송수신기는 단일 안테나를 가정한다. 사용자는 주파수 호핑을 하며 통신 채널 호환성을 위하여 시분할 시스템 시나리오를 가정한다. 전송 블록동안 채널 상태가 변하지 않고, 각 전송 블록마다 독립적인 채널상태를 가정하는 블록 페이딩 채널 모델을 가정한다. 따라서, 각 무선채널  $h$ 은 평균이 0이고 분산이 1인 복소 정규 가우시안으로 가정한다. 사용자의 수신단에서 발생하는 열잡음  $z$ 은 평균이 0이고 분산이  $N_0/2$ 인 복소 백색 가우시안 잡음으로 간주한다. 따라서, 사용자 수신단에서 수신되는 신호는 다음과 같이 주어진다.

$$y_v = b_v \sqrt{P_v} h_{vv} s_v + \sum_{n=1}^J b_n \sqrt{P_n} h_{vn} s_n + z, \quad (1)$$

이때,  $\sqrt{P_v}$ 와  $\sqrt{P_n}$ 는 사용자와 재머의 최대 송신전력을 나타내며  $s_v$ 와  $s_n$ 은 사용자와 재머의 신호를 나타낸다.  $b_v$ 와  $b_n$ 은 사용자와 재머의 동작여부를 나타내며 동작을 하는 경우 1로 표현하고, 동작하지 않는 경우

0으로 표현한다. 구체적으로, 사용자의 동작확률을  $\alpha_v$ 라고 할 때, 사용자는  $b_v \sim \text{Bern}(\alpha_v)$ 으로 동작한다. 재머는  $\alpha_n$ 의 확률로 동작하며 모든 재머는 동일한 동작확률을 갖는다고 가정한다. 본 논문에서는 사용자 입장에서 재머가 동작하는 빈도수를 파악하여  $\alpha_n$ 을 안다고 가정한다. 시분할 채널 호혜성에 따라, 사용자는 자기 수신기와의 채널정보만을 알 수 있고, 재머의 동작확률  $\alpha_n$ 를 파악하였을때의 항재밍 기법을 가정한다.

### III. 기회적 전송 기법의 항재밍 성능 분석

본 장에서는 사용자가 자기 채널 이득을 고려하여, 확률적으로 재머의 영향을 줄이는 동시에 수신기와의 링크간 주파수 효율을 향상시키는 기회적 전송기법을 제안한다. 사용자는  $\alpha_n$ 으로 동작하는 재머를 고려한 시스템 파라미터( $\zeta$ )를 고려하여 동작여부를 결정한다.

$$b_v = \begin{cases} 1 & |h_{vv}|^2 > \zeta \\ 0 & \text{otherwise,} \end{cases} \quad (2)$$

이때, 임계값  $\zeta$ 는 사용자가 재밍신호를 극복하기 위한 최소 무선채널이득의 임계값을 나타낸다. 모든 재머가 동작하지 않는 순간 사용자의 아웃티지 확률은 다음과 같이 계산 가능하다.

$$\Pr_0^o(R) = \Pr\{\log_2(1+x\rho) < R\}, \quad (3)$$

이때  $\rho$ 는  $P_v/N_0$ 이고  $x$ 는 자기채널이득을 나타내는 랜덤변수이며, 확률밀도함수는 레일리채널 특성에 따라  $f_X(x) = e^{-x}$ 이다. 각 무선채널이 i.i.d.하며 각 재머에서  $\alpha_n$ 의 확률로 동작 하는 경우 중  $J$ 개의 재밍신호가 동시에 전송되는 경우, 재밍의 영향을 고려한 사용자 아웃티지 확률을 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\Pr_J^o(R) = \Pr\left\{\log_2\left(1 + \frac{x}{y+1/\rho}\right) < R\right\} \quad (4)$$

이때 재밍신호의 합을 나타내는 랜덤변수로서  $y$ 는 degrees-of-freedom(DoF)가  $2J$ 인 카이제곱 분포를 따른다. 따라서, 다음과 같이 계산 가능하다.

$$\Pr_J^o(R) = 1 - (2^R - 1) \exp\left(-\frac{2^R - 1}{\rho}\right) \times \int_{\beta}^{\infty} \left[ \exp(-(2^R - 1)y) - \sum_{n=0}^{J-1} \frac{y^n}{n!} \exp(-2^R y) \right] dy, \quad (5)$$

이때  $\beta$ 는 시스템 임계값  $\zeta$ 에 따라 다음과 같다.

$$\beta = \begin{cases} \frac{\zeta}{2^R - 1} - \frac{1}{\rho} & \zeta < \frac{2^R - 1}{\rho} \\ 0 & \text{otherwise.} \end{cases} \quad (6)$$

각 재머는 동작확률  $\alpha_n$ 로 무작위 동작하므로 사용자의 아웃티지 확률은 다음과 같이 표현 가능하다.

$$\Pr_{\text{Avg}}^o(R) = \sum_{k=0}^{J-1} \binom{J-1}{k} \alpha_n^k (1-\alpha_n)^{J-k-1} \Pr_{k+1}^o(R) \quad (7)$$

### IV. 시뮬레이션 결과

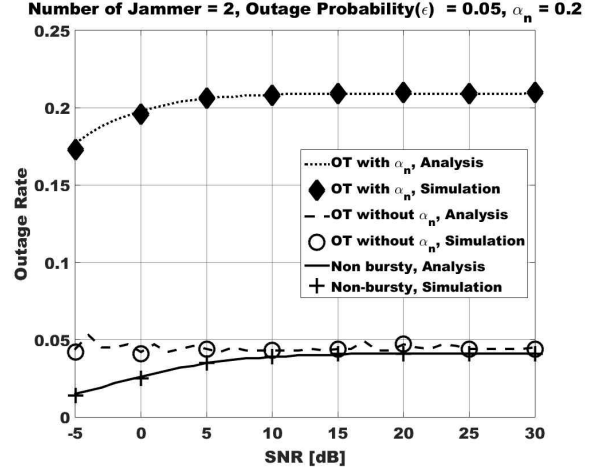


그림 1 제안한 항재밍 기법의 아웃티지 확률

그림 1 은 제안하는 기회적 항재밍 기법을 보이며, 사용자가 재머의 동작확률  $\alpha_n$ 을 인지여부에 따른 아웃티지 확률을 보여준다. 본 논문에서 제안하는 기법이 간헐적 통신을 통해 좋은 항재밍 성능을 보인다.

### Acknowledgement

본 연구는 방위사업청과 국방과학연구소가 지원하는 미래전투체계 네트워크기술 특화연구센터 사업의 일환으로 수행되었습니다.(UD160070BD)

### 참고문헌

- [1] Q. Yan, H. Zeng, T. Jiang, M. Li, W. Lou and Y. T. Hou, "Jamming resilient communication using MIMO interference cancellation.", *IEEE Trans. on Inf Forensics and Security*, vol. 11, no. 7, pp.1486-1499, Jul. 2016.
- [2] Q. Yan, H. Zeng, T. Jiang, M. Li, W. Lou and Y. T. Hou, "MIMO-based jamming resilient communication in wireless networks.", *Proc. IEEE INFOCOM*, pp. 2697-2706, Apr./May 2014.
- [3] B. C. Jung, Y. -J. Hong, D. K. Sung, and S. -Y. Chung, "Fixed power allocation with nulling for TDD-based cellular uplink", *IEEE Commun. Lett.*, vol. 12, no. 4, pp. 253-255, Apr. 2008.
- [4] 남현우, 고갑석, 방인규, 정방철 "다중 셀 상향링크에서 기회적 전송기법의 성능분석", *한국통신학회 동계종합학술대회*, Jan. 2017.