

# 마틴 하드 코어 프로세스를 이용한 지향성 안테나 기반 무선 네트워크의 간섭 분석

추은미(충남대), 정방철(충남대), 정대진(국방과학연구소), 이형주(국방과학연구소)

emchu@cnu.ac.kr, bcjung@cnu.ac.kr, djjung@add.re.kr, lhj@add.re.kr

## Interference Analysis of Directional Wireless Networks based on Matern Hard-Core Process

Eunmi Chu (CNU), Bang Chul Jung (CNU), Dae-Jin Jung (ADD), and Hyungjoo Lee (ADD)

### 요약

본 논문은 지향성 안테나를 사용하는 간섭 노드들을 마틴 하드 코어 프로세스 (Matern Hard-Core Process: MHCP)기반으로 생성하여 무선 네트워크를 구성한다. 하드 코어 거리에 의해 MHCP 네트워크 내 간섭 노드들의 밀도가 결정됨을 확인하고, MHCP 네트워크와 동일한 노드 밀도를 갖는 기존 포아송 네트워크와 간섭의 통계적 특성을 비교한다.

### I. 서론

마틴 하드 코어 프로세스 (Matern Hard-Core Process: MHCP)는 무선 네트워크에서 노드들 간의 최소 거리를 적용하여 간섭을 분석하기 위해 사용되며 최근까지도 무선 네트워크를 모델링하는데 널리 사용되고 있다 [1]. 그러나 지금까지 연구들은 전방향 안테나를 가정하여 MHCP 무선 네트워크 분석을 수행하였다. 본 논문에서는 지향성 안테나를 기반으로 MHCP 무선 네트워크의 통계적 특성을 분석한다.

### II. 본론

본 논문에서는 네트워크 영역  $A$ 를  $300\text{km} \times 300\text{km}$ 로 설정하고, 대표 수신 노드는  $A$  중심에 위치시키고, 간섭 노드들은 밀도  $\lambda_p$ 로 PPP분포로 발생시킨다. MHCP를 수행하기 위해 먼저 간섭 노드들은 자신의 표식값을  $[0,1]$  사이에서 랜덤으로 발생을 시킨다. 노드는 하드 코어 거리 ( $\delta$ )로 반경을 설정하여 반경  $\delta$  내에 존재하는 간섭 노드들과 표식 값을 비교하여 자신의 표식 값이 가장 작으면 네트워크에 잔류시키고 그렇지 않으면 삭제시킨다. 따라서, MHCP를 수행하고 나면 간섭 노드의 밀도는  $\lambda_p$ 와  $\delta$ 에 의해 수식 (1)과 같이  $\lambda_m$ 로 표현된다[1].

$$\lambda_m = \frac{1 - \exp(-\lambda_p \pi \delta^2)}{\pi \delta^2} \quad (1)$$

간섭 노드들과 대표 수신 노드는 모두 지향성 안테나를 가지고 있으며 빔의 방향은 랜덤 발생이 된다. 빔 패턴은 [2]에서 사용된 간략화된 빔 패턴 모델을 적용하였으며, 빔폭( $\omega$ )은  $360^\circ$ 인 무지향성 안테나를 포함하여 빔폭이  $10^\circ, 30^\circ, 120^\circ$ 로 설정한다. 지향성 안테나의 이득은 [2]의 수식 (1)에 따라  $\omega$ 와 사이드로브 이득( $g_2$ )에 의해 메인로브 이득( $g_1$ )로 결정된다.  $g_2$ 를 0.1로, 손실 감쇄 상수  $\alpha$ 는 2.5로 설정하고,  $A$ 영역에 평균 간섭 노드를 150개로 설정하여 실험을 수행 한다.

본 실험에서는 3개 모델 - 1)MHCP 모델, 2) PPP $_{\delta}$  모델: 영역  $A$ 에 대표 수신 노드로부터 반경  $\delta$ 이후에 밀도  $\lambda_m$ 로 간섭 노드들을 PPP분포로 발생시킨 모델, 3) PPP 모델: 영역  $A$ 에 밀도  $\lambda_m$ 로 간섭 노드들을 PPP분포로 발생시킨 모델-을 비교 한다.

그림 1은 대표 수신 노드에 대해서  $\omega$ 과 3개 모델별 SINR에 대한 누적분포함수 (Cumulative Distribution Function, CDF)을 나타낸다. MHCP 모델은  $\omega$ 이 작아질수록 CDF 곡선이 오른쪽으로 이동 한다. 하지만 CDF 곡선의 꼬리 부분의 길이도 길어진다.  $\omega$ 이 작으면 간섭 노드의 수가 줄어 들기 때문에 SINR이 좋은 대체적으로 좋지만  $\omega$ 각도내에 간섭 노드들이 몰려 있으면 간섭이 커지는 경우도 발생하기 때문이다. 이에 반해서  $\omega$ 가  $360^\circ$ 인 무지향성 안테나에서는 간섭 노드들이 균등하게 분포하기 때문에 CDF 곡선의 꼬리가 짧다.

PPP $_{\delta}$  모델의 CDF는 대체적으로 MHCP 모델의 CDF와 거의 유사하다. 하지만, PPP모델의 CDF는 MHCP 모델의 CDF와 차이가 나며  $\delta$ 가 클수록 차이가 커진다.

### III. 결론

본 논문에서는 밀도  $\lambda_p$ 로 PPP분포로 생성한 간섭 노드들을 MHCP를 수행했을 때 MHCP내의 간섭 노드들의 밀도가  $\lambda_m$ 임을 확인을 하였다. 또한, 밀도  $\lambda_m$ 로 PPP $_{\delta}$  모델을 수행하면 MHCP와 대체적으로 일치함을 확인을 하였다. 무지향성 안테나에서는 MHCP 모델을 밀도  $\lambda_m$ 인 PPP 모델을 일반적으로 사용하고 있으나, 지향성 안테나에서는 이 두 모델의 CDF는 서로 일치 하지 않음을 알 수 있었다.

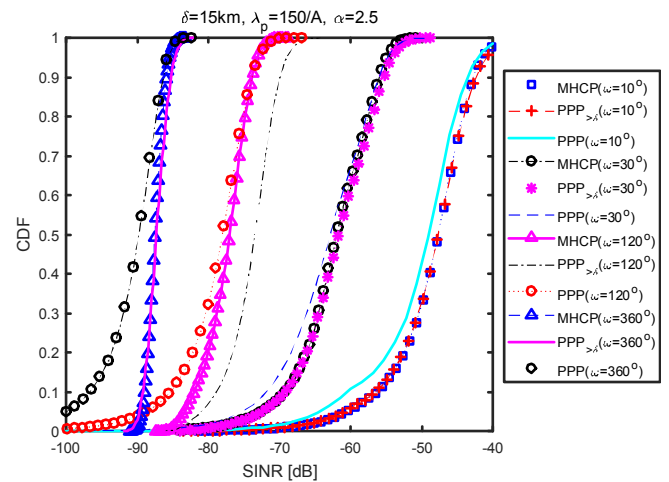


그림 1. 빔폭과 모델에 따른 SINR의 CDF

### ACKNOWLEDGMENT

이 연구는 국방과학연구소 (ADD)의 지원을 받았습니다.

### 참고 문헌

- [1] M. Haenggi, "Mean Interference in Hard-Core Wireless Networks", IEEE Communications Letters, Vol. 15, No. 8, August, 2011.
- [2] 추은미, 박종성, 이형주, 정방철, "지향성 안테나 기반 포아송 무선 네트워크에서의 간섭 분석", 통신학회 논문지, Vol. 42, No. 12, 2017.