

지향성 안테나기반 주파수 공유형 무선 네트워크에서 보호영역을 고려한 간섭 분석

염정선, 이기훈, 정방철

충남대학교 전자공학과

jsyeom@cnu.ac.kr, kihun.h.lee@cnu.ac.kr, bcjung@cnu.ac.kr

I. 서론

현재 5G 이동통신에서는 수많은 단말과 고용량의 데이터를 요구하는 애플리케이션으로 인해 주파수 자원의 부족을 겪고 있다. 이러한 주파수 자원 부족을 해결하기 위해 두 개 이상의 네트워크가 동일 주파수대역을 사용하는 주파수 공유형 기술들이 개발되었다. 대표적 기술로는 동적 스펙트럼 할당과 같은 주파수 할당을 스케줄링하는 기술과 빔포밍, 간섭 정렬 및 제거 기법과 같은 간섭 관리 기술들이 있다[1, 2].

본 논문에서는 이중 네트워크 간 간섭 완화를 위해 보호영역 기반의 주파수 공유형 무선 네트워크를 고려하며 확률 기하 이론을 통해 정전 확률을 수학적으로 분석한다.

II. 보호영역 기반 주파수 공유형 무선 네트워크

본 논문에서는 두 개의 서로 다른 네트워크가 동일한 시공간에서 동일 주파수 대역을 공유하는 이중 네트워크를 고려한다. 두 네트워크는 1차 네트워크(primary network)와 2차 네트워크(secondary network)로 구분된다. 2차 네트워크는 통신 성능이 우선으로 보장되어야 하는 1차 네트워크에게 β 로 설정된 간섭 임계치 이하로 간섭이 미쳐야 한다. 두 네트워크의 단말들은 이상적인 지향성 안테나를 가진다고 가정하며 $g_{m,i}$ 와 $g_{s,i}$ ($i \in \{1,2\}$)은 각각 i 차 네트워크의 주엽(main lobe)과 부엽(side lobe)의 빔 이득을 의미한다.

확률 기하 이론을 기반으로 1차 네트워크의 정전 확률을 분석하기 위해서 2차 네트워크의 송신 단말은 2차원 공간상에 λ (/km²)의 밀도로 포아송 점과정(Poisson Point Process, PPP)으로 모델링된다. 이때, 2차 네트워크의 송신 단말은 1차 네트워크에 미치는 간섭을 줄이기 위해서 1차 네트워크의 수신 단말 주변 반경 R_E 내에는 위치하지 못한다. 무선 채널은 레일리(Rayleigh) 페이딩 모델을 적용한다.

이러한 네트워크 모델에서 1차 네트워크의 정전 확률은 다음과 같이 주어진다.

$$\begin{aligned}
 P_o = & 1 - \exp \left[-sN_0 - \lambda \pi \sum_{g_1 \in \{g_{m,1}, g_{s,1}\}} \sum_{g_2 \in \{g_{m,2}, g_{s,2}\}} \left\{ \frac{sP_{t,2}g_1g_2R_E^{2-\alpha}}{sP_{t,2}g_1g_2R_E^{-\alpha}+1} \right. \right. \\
 & \left. \left. + \frac{sP_{t,2}g_1g_2R_E^{2-\alpha}}{(1-\frac{2}{\alpha})(sP_{t,2}g_1g_2R_E^{-\alpha}+1)} {}_2F_1 \left(1, 2; 2 - \frac{2}{\alpha}; \frac{sP_{t,2}g_1g_2R_E^{-\alpha}}{sP_{t,2}g_1g_2R_E^{-\alpha}+1} \right) \right\} \right] \\
 & \times p_{G_1}(g_1)p_{G_2}(g_2). \tag{1}
 \end{aligned}$$

여기서 s 는 간섭 임계치 대 1차 네트워크의 간섭을 제외한 수신 신호의 전력비이며 N_0 는 잡음 전력이다. $P_{t,2}$ 는 2차 네트워크의 송신 전력, α 는 경로 손실 지수이다. $p_G(g_{b,i})$ ($b \in \{m,s\}$)는 i 차 네트워크의 수신 빔 이득 혹은 2차 네트워크의 송신 빔 이득이 $g_{b,i}$ 일 확률이다.

III. 모의실험 결과 및 결론

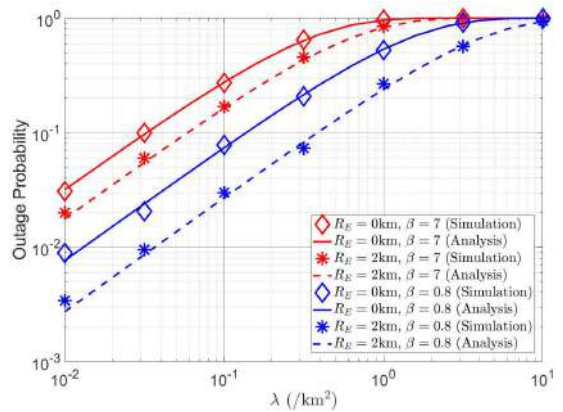


그림 1. 1차 네트워크의 정전 확률

그림1은 고려한 보호영역 기반 주파수 공유형 무선 네트워크에서 1차 네트워크의 정전 확률을 2차 네트워크의 송신 단말의 밀도에 따라 모의실험 및 수학적 분석 결과이다. 보호영역의 반경이 커질수록 정전 확률이 감소하는 것을 확인할 수 있으며 본 논문에서의 수학적 분석 결과와 모의실험 결과가 정확히 일치함을 확인할 수 있다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2020년 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임. (2019-0-00964-001, 스펙트럼 쉐일지를 통한 기존 무선국 보호 및 주파수 공유기술 개발)

참고문헌

- [1] W. S. H. M. W. Ahmad *et al.*, "5G Technology: Towards Dynamic Spectrum Sharing Using Cognitive Radio Networks," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 14460-14488, Jan. 2020.
- [2] Sangku Lee, Jang Hyuk Yoon, and Bang Chul Jung, "A Cooperative Phase-Steering Technique with On-Off Power Control for Spectrum Sharing-Based Wireless Sensor Networks," *MDPI Sensors*, Vol. 20, No.7, Mar. 2020.