

송신전력제어 적용 역방향 다중셀 네트워크의 기계학습 기반 성능 근사화

권진우, 현찬수, 권태수

서울과학기술대학교

wlsdn110@seoultech.ac.kr, shou19@seoultech.ac.kr, tskwon@seoultech.ac.kr

Machine Learning based Performance Approximation of Uplink Multicell Networks with Transmit Power Control

Jinwoo Kwon, Xuan Canshou, Taesoo Kwon

Seoul National Univ. of Science & Technology

요약

다중셀 네트워크 환경에서 역방향 네트워크 성능은 단말간 위치 분포의 상관성과 송신전력제어의 영향으로 순방향 대비 확률기하를 이용한 성능 분석이 복잡하다는 문제점을 가진다. 이러한 한계점을 극복하기 위해 본 연구에서는 송신전력제어 적용 역방향 다중셀 네트워크에서의 SINR 확률 분포를 Sigmoid-Like 함수로 표현하여 기계학습을 적용하는 성능 분석 방안을 제안한다.

I. 서론

5G 이동통신시스템과 같은 다중셀 네트워크 성능 분석에 있어, 기존의 성능 분석은 주로 시스템 레벨 시뮬레이션을 이용해 왔지만 매개변수 간의 상관관계 분석이 용이하지 못하고 오랜 시뮬레이션 시간을 필요로 한다. 한편, 확률기하에 기반한 성능 분석은 비교적 제한된 환경에서만 유용한 수학적 도출이 가능하다는 한계점을 가진다. 이러한 기존 성능분석 방식의 한계점을 극복하고자 [2]에서는 기계학습을 활용한 네트워크 성능분석을 제안하였다. 하지만 확률기하를 이용한 성능 분석 시 순방향 대비 역방향 성능 분석은 단말 송신전력제어와 위치관계의 상호 연관성으로 비교적 단순한 환경에서 조차 유용한 형태의 수학식 표현이 매우 복잡하거나 어렵다는 문제점을 가진다. 따라서, [2]에서의 순방향 SINR 확률분포는 Sigmoid-Like 함수 형태로 잘 표현될 수 있다는 점에 착안하여, 본 논문에서는 Curve-fitting을 통해 데이터셋을 확보하고 인공신경망을 학습시켜, 인공신경망을 역방향 다중셀 네트워크 분석 사용할 수 있음을 보인다.

II. 역방향 다중셀 네트워크 시스템 모델 및 인공신경망 설계

본 논문은 단위면적당 평균 λ 개의 기지국이 육각셀 형태로 분포하며, 단말은 HPPP(Homogeneous Poisson Point Process)에 따라 분포한다고 가정한다. 단말과 기지국은 모두 단일 안테나를 가정하며 단말은 가장 가까운 기지국으로부터 서비스를 받고 라운드Robin(Round-Robin) 스케줄링에 의해 기지국별 역방향 송신 단말이 정해진다. d_{xy} 를 x 번 기지국과 y 번 단말의 거리, A 를 단위 거리에서의 경로감쇄이득, α 를 경로감쇄지수라 할 때, 역방향 신호는 $A d_{xy}^{-\alpha}$ 의 경로감쇄 이득과 평균 1의 Rayleigh 페이딩 이득을 쭉고, 음영효과는 고려하지 않는다. 각 단말 송신전력 P 는, P_0 와 P_{\max} 를 각각 기준 송신전력과 최대송신전력이라 할 때 $P = \min(P_{\max}, P_0 \times d_{xy}^{\alpha\eta})$ 의 FPC(Fractional Power Control)에 의해 결정된다. 이때 [2]에서 순방향 SINR ccdf가 Sigmoid-like함수에 의해 잘 표현됐다는 점에서 착안하여 τ_{dB} 를 dB 단위의 SINR 값이라 할 때, 본 연구에서도 역방향 SINR ccdf를 아래 식을 통해 근사화한다.

$$\Pr\{\text{SINR} > \tau_{dB}\} \approx \frac{1}{1 + \exp(-\beta_2 \tau_{dB}^2 - \beta_1 \tau_{dB} - \beta_0)} \quad (1)$$

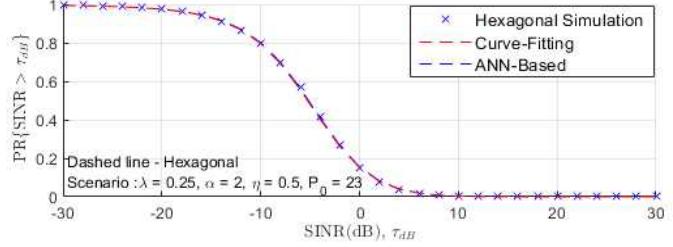


그림 1 기계학습 적용 역방향 다중셀 SINR 성능 그래프

이때, $\beta \triangleq (\beta_0, \beta_1, \beta_2)$ 는 SINR ccdf를 (1)과 같이 표현하기 위한 매개변수로서 비선형 최소자승법(Non-linear least square) 기반 Curve-fitting을 통해 그 값을 얻으며, α , λ , η 및 P_0 와 같은 FPC 적용 역방향 다중셀 시뮬레이션 환경변수와 수학식 (1)의 β 간의 관계를 지도학습을 통해 학습하고 그림1을 통해 시뮬레이션 결과와 인공신경망을 통한 학습 결과가 유사함을 확인할 수 있다.

III. 결론

본 논문은 기지국 분포, 경로감쇄지수, FPC 동작변수, 기준 송신전력에 따른 역방향 SINR 확률분포를 Sigmoid-Like 함수를 이용해 근사화하고, 이를 통해 인공신경망을 학습시켜 기계학습이 역방향 다중셀 네트워크 성능 분석에 응용될 수 있는 방안을 제안하였다. 향후, 제안방안을 더욱 확장하여 동작 변수 설계에 응용하는 연구로 발전시켜 나갈 것이다.

ACKNOWLEDGMENT

이 성과는 2020년도 과학기술정보통신부의 지원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No.NRF-2019R1F1A1062870).

참고 문헌

- [1] J. G. Andrews, F. Baccelli, and R. K. Ganti, "A tractable approach to coverage and rate in cellular networks," *IEEE Trans. Commun.*, vol. 59, no. 11, pp. 3122–3134, Nov. 2011.
- [2] Hajar El Hammouti, Mounir Ghogho, Syed Ali Raza Zaidi, "A machine learning approach to predicting coverage in random wireless networks," *2018 IEEE Globecom*, Abu Dhabi, Dec. 2018.