

딥러닝 기반 이동무선통신 환경에서의 미래 송신 안테나 선택

조아민, 오정은, 정의림*
한밭대학교

whdkals18@gmail.com, wjddms1199@gmail.com, *erjeong@hanbat.ac.kr

Future Transmission Antenna Selection Based on Deep Learning in Mobile Wireless Communication Environments

Jo A Min, Oh Jeong Eun, Jeong Eui Rim*(Corresponding author)
Hanbat National University

요 약

본 논문은 딥러닝 기반 이동무선통신 환경에서 미래 송신 안테나 선택 방법을 제안하고, 송신 안테나 수에 따른 성능비교를 진행한다. 다중 안테나의 과거 신호 대 잡음비(Signal to Noise Ratio, SNR)를 기반으로 송신 안테나 조합 별 미래 SNR 을 예측하기 위해 딥러닝을 사용한다. 예측한 SNR 중 가장 높은 값을 갖는 안테나 조합을 미래 송신 안테나로 선택한다. 모의실험 결과 한 개의 안테나를 선택하는 방법이 두 개의 안테나를 선택하는 방법보다 약 11~13% 높은 정확도를 보이나, 평균 제곱근 오차(Root Mean Square Error, RMSE)를 확인한 결과 두 개의 안테나 선택 방법이 한 개의 안테나 선택 방법보다 약 0.03~0.3dB 우수한 결과를 보인다.

I. 서 론

본 현재 주로 사용되는 무선 통신 시스템은 추가적인 전력과 주파수를 할당하지 않고 채널 용량을 안테나 수에 비례하여 증가시킬 수 있는 다중 송수신 안테나를 사용한다.[1] 다중 송수신 안테나를 효율적으로 사용하기 위한 연구는 차량, 항공, 군사 등 다양한 분야에서 계속 진행중이다.[2] 다중 안테나를 모두 사용하여 수신하는 경우 안테나 별 신호의 간섭이 작용하지 않아 문제가 되지 않지만 송신하는 경우 신호가 서로 간섭으로 작용할 수 있다. 따라서 송신 시 모든 안테나를 사용하지 않고 최적의 송신 안테나 조합을 찾는 것이 중요하다.

본 논문에서는 통신 차량에 다수의 패치형 안테나를 부착하여 상대와 원활하게 통신이 가능한 안테나 조합의 신호 대 잡음비(Signal to Noise Ratio, SNR)를 예측하고 예측한 SNR 조합 중 가장 높은 값을 갖는 안테나 조합을 미래 송신 안테나로 선택하는 기법을 제안한다. 제안하는 통신 시스템은 시분할 전이중 방식과 합성곱 신경망을 사용한다. 고려하는 통신 시스템의 전송 방식은 직교 주파수 분할 다중화(Orthogonal Frequency Division Multiplexing, OFDM)이다. 본 연구에서 다루는 미래 송신 안테나 수는 한 개 또는 두 개로, 이후 한 개의 안테나를 선택하는 방법은 Single, 두 개의 안테나를 선택하는 방법은 Dual 로 표기한다. 모의 실험 결과 Single 이 Dual 보다 높은 정확도를 갖지만 예측 안테나 조합 SNR 과 정답 안테나 조합 SNR 의 평균 제곱근 오차(Root Mean Square Error, RMSE)를 확인해본 결과 Dual 이 Single 보다 성능이 우수하다.

II. 시스템 구조

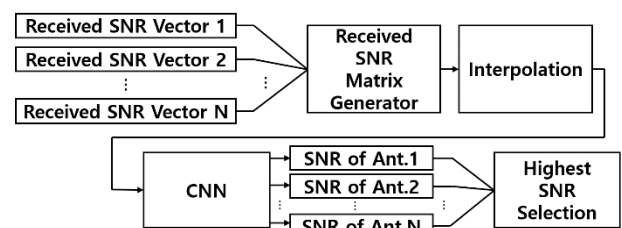


그림 1 수신기 블록도

그림 1 은 수신기 블록도이다. 수신 안테나는 송신 OFDM 심볼과 등화기를 거친 수신 OFDM 심볼의 절대 오차 제곱을 계산하여 시간에 따른 수신 SNR 을 운용 안테나 조합(N) 별 벡터로 저장하고 이를 행렬로 생성한다. 운용 안테나 조합 수는 $x \times y$ 로 계산할 수 있다. 이때, X는 운용 안테나 수이고, Y는 선택 안테나 수이다. 수신 SNR 행렬 중 수신 SNR 이 존재하지 않는 경우는 이전 수신된 SNR 과 이후 수신된 SNR 로 선형 보간(linear interpolation)을 수행한다. 만약 선형 보간을 수행할 수 없을 시 수신 SNR 은 0dB 로 설정한다. 보간을 거친 행렬을 합성곱 신경망의 입력으로 사용하여 안테나 조합 별 미래 SNR 을 예측한다. 예측한 SNR 중 가장 높은 SNR 을 가진 안테나 조합을 미래 송신 안테나로 선택한다.

III. 제안하는 합성곱 신경망 구조

제안하는 합성곱 신경망 구조는 최적의 안테나를 선택하기 위해 Single와 Dual의 방법에서 최적의 성능을 갖는 구조를 사용한다. Single의 경우 총 5개의 합성곱 신경망 계층과 x_{C1} 개의 완전 연결 계층으로 구성되고 Dual의 경우 총 6개의 합성곱 신경망 계층과 x_{C2} 개의 완전 연결 계층으로 구성된다. 합성곱 신경망의 깊이는 Single의 경우 64, 32, 16, 8, 4 이고, Dual의 경우 64, 64, 64, 128, 128, 128 이다. 두 가지 방법 모두 합성곱 계층의 필터의 크기는 3×3 이고, 합성곱 계층 이후 배치 정규화 계층과 ReLU 계층을 수행한다. 출력은 운용 안테나 조합 별 미래 SNR 예측 값이다.

IV. 모의 실험 환경 및 결과

합성곱 신경망의 입력 데이터 생성은 MATLAB 을 사용하고, 학습 및 테스트는 Tensorflow 2.0 을 사용한다. 학습 데이터는 속도 0~100km/h 구간에서 랜덤하게 200,000 개 생성하고 테스트 데이터는 동일한 구간에서 10km/h 간격으로 20,000 개 생성한다. 신호의 대역폭은 2MHz 이고, 반송파 주파수는 512MHz 이다. SNR 범위는 0~30dB 구간에서 랜덤하게 생성한다. OFDM FFT size 는 512 이다. 이동환경을 조성하기 위해 Vehicular A 채널을 사용하고 Rician fading 채널과 Rayleigh fading 채널은 균등하게 분포한다. Rician fading 채널에서 직접파와 반사파의 전력 비인 K-factor 는 10dB 이다. 안테나의 개수는 4 개이고, 수신 SNR 길이는 40 이다. SNR 이 수신되지 않을 확률은 0~90%이다.

Single 과 Dual 학습 시 옵티마이저는 Adagrad 이고 학습률은 0.01 이며 배치 사이즈는 512 이다. 예폭은 500 이고 손실 함수는 평균 제곱 오차(Mean Squared Error, MSE)를 사용한다.

그림 2 는 속도에 따른 안테나 선택 정확도이다. 빨간 선의 원형(○) 마커는 Single 인 경우이고, 파란 선의 정사각형(□) 마커는 Dual 인 경우이다. 속도가 증가함에 따라 Single 은 약 95.62%에서 91.90%까지 정확도가 감소하고, Dual 은 약 84.00%에서 78.98%까지 정확도가 감소하는 모습을 보인다.

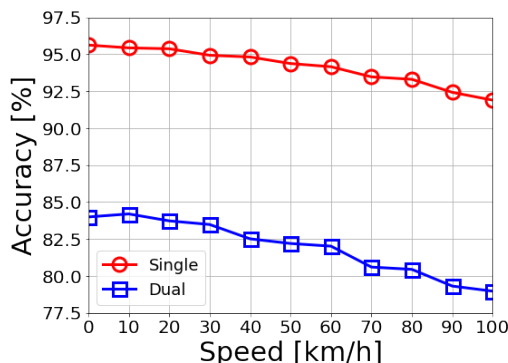


그림 3 속도에 따른 안테나 선택 정확도

그림 3 은 속도에 따른 SNR 예측 결과이다. 선 색과 마커는 그림 2 와 동일하다. Single 과 Dual 의 정확도 차이가 큰 이유를 분석하기 위해 정답 안테나 조합 SNR 과 예측 안테나 조합 SNR 의 오차를 확인한 결과 Single 과 Dual 모두 1dB 보다 낮은 오차가 발생하는 것을 확인할 수 있다. 또한, Dual 이 모든 속도에서 Single 보다 약 0.03~0.3dB 우수한 결과가 나타나는 것을 확인할 수 있다. 따라서 Dual 의 안테나 선택

정확도가 낮더라도 RMSE 가 0.4dB 보다 작기 때문에 안테나 선택 정확도가 낮은 것은 문제가 되지 않는다.

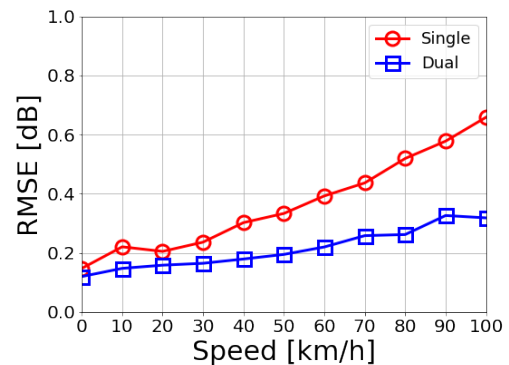


그림 2 속도에 따른 SNR 예측 결과

V. 결론

본 논문은 딥러닝 기반 이동무선통신 환경에서 시분할 전이중 방식과 딥러닝을 사용하여 안테나 조합 별 미래 SNR 을 예측하고, 그 중 가장 높은 SNR 을 미래 송신 안테나로 선택하는 방법을 제안하고 송신 안테나 선택 수에 따른 성능비교를 진행하였다. 모의실험 결과 Dual 이 Single 보다 약 11~13% 낮은 정확도를 보이지만, RMSE를 확인한 결과, 두 가지 방법 모두 1dB 보다 낮은 오차를 보이고 Dual 이 Single 보다 약 0.03~0.3dB 우수한 결과를 보였다. 이는 Dual 인 경우 가장 높은 신호 품질을 가진 안테나와 다른 안테나의 조합이 여러 개 존재하기 때문에 발생한 문제로 판단되며 따라서 Dual 의 안테나 선택 정확도가 낮은 것은 문제가 되지 않는다. Dual 을 사용한다면 Single 을 사용하는 것 보다 송신 전력을 크게 보낼 수 있다는 장점이 존재한다. 이를 실제 통신 시스템에 적용하면 송신 시 최적의 안테나, 변조방식, 채널 코드 조합을 사용하여 높은 통신 성공 확률과 빠른 전송 속도를 보장할 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- [1] Jiayi Z., Emil B., Michail M., Derrick W. K. N., Hong Y., David J. D. "Prospective multiple antenna technologies for beyond 5G." IEEE Journal on Selected Areas in Communications, pp. 1637-1660, Aug. 2020.
- [2] Jianfeng Z., Yang Y., Shufang L., Shaowei L., Quan X. "Dual-band dual circularly polarized antenna array using FSS-integrated polarization rotation AMC ground for vehicle satellite communications." IEEE Transactions on Vehicular Technology, pp. 10742-10751, Nov. 2019.