

# 이동 무선통신 환경에서 순환신경망 기반 다중안테나 미래 SNR 예측

이재현, 전소연, 홍석진, 윤웅중, 정의림\*

국립한밭대학교

leejh980247@gmail.com, wjwth0104@gmail.com, lf2net89@gmail.com, dndwhddl@naver.com, \*erjeong@hanbat.ac.kr

## Predicting future SNR based on Recurrent Neural Network in Mobile Wireless Communication Environment

Lee Jae Hyeon, Jeon So Yeon, Hong Seok Jin,

Yun Woong Jong, Jeong Eui Rim\*(corresponding author)

Hanbat National University

### 요약

본 논문은 이동 무선통신 환경에서 순환신경망(Recurrent Neural Network, RNN) 모델을 기반으로 다중안테나를 사용하여 미래 송신 시점의 안테나 조합 별 신호 대 잡음 비(Signal to Noise Ratio, SNR)를 과거 수신 신호의 SNR을 바탕으로 예측하는 방법을 제안한다. 수신받지 못한 SNR은 Linear & edge zero 보간법을 사용하고 RNN에 데이터를 입력하여 미래 송신 시점에서 안테나 조합 별 SNR을 예측할 수 있도록 학습한다. 순환 신경망(RNN)은 게이트 순환 유닛(Gated Recurrent Unit, GRU)을 사용한다. 모의실험 결과, 기존 방법보다 제안하는 방법의 평균절대오차(Mean Absolute Error, MAE)가 모든 속도에 대해서 평균 0.0488dB 우수하다.

### I. 서론

이동 무선통신 환경에서의 신호 품질은 안테나의 종류, 신호 대 잡음 비(Signal to Noise Ratio, SNR) 등 여러 요인 때문에 달라진다. 특히 SNR은 신호의 품질을 결정하는 중요한 성능 지표로 작용하며 높은 SNR은 신호 품질을 개선하고 데이터 전송률도 향상시킬 수 있다. 또한 안테나의 종류는 전 방향 안테나와 지향성 안테나가 있는데 전 방향 안테나와 달리 지향성 안테나는 특정 방향으로의 신호 집중도를 높이고 원하지 않는 방향으로부터 간섭을 줄일 수 있어 높은 SNR 확보에 유리하다. 다수의 지향성 안테나를 여러 방향으로 배치한다면 특정 방향으로 신호를 집중해서 전송하는 단점도 해결할 수 있다. [1] 최근 몇 년 동안 이동 무선통신 시스템의 성능 향상과 효율적인 운용을 위해 인공지능 기반의 연구가 활발히 진행되고 있다. 기존에는 합성곱 신경망(Convolutional Neural Network, CNN)의 특성을 활용하여 다중 안테나에 대한 안테나 조합 별 미래 송신 SNR을 예측하는 연구를 진행했으나 과거 수신 신호의 SNR은 시간에 따라 변하는 시계열 데이터기 때문에 순환 신경망(Recurrent Neural Network, RNN)이 더 적합하다. 다중안테나로 송신할 시 단일안테나로 송신할 때보다 송신 전력을 크게 보낼 수 있는 장점이 있고 안테나 조합 별로 SNR을 예측한다면 후에 가장 높은 SNR 값을 갖는 안테나 조합을 미래 송신 안테나로 선택할 때도 도움이 된다. [2]

따라서 본 논문은 다중안테나 환경에서 RNN의 장점을 활용하여 안테나 조합 별 미래 송신 SNR을 과거 수신 신호의 안테나 조합에 대한 SNR을 바탕으로 예측하는 방법을 제안한다. 안테나는 지향성 안테나 특성을 가진 표면 부착 안테나를 사용하고 통신 시스템은 직교 주파수 분할 다중

방식(Orthogonal Frequency Division Multiplexing, OFDM)과 시간 분할 이중화(Time Division Duplex, TDD)를 적용한다. OFDM은 서로 간섭하지 않고 독립적으로 데이터를 빠르게 전송할 수 있어 이동 무선통신 환경에서 자주 발생하는 다중 경로 페이딩(Multipath Fading)이나 도플러 효과(Doppler Effect)와 같은 문제를 효과적으로 극복할 수 있다. TDD는 수신과 송신을 시간적으로 분할하여 진행할 수 있어 신호의 품질이 변해도 해당 시간 슬롯 내에서는 안정적인 통신이 가능하다. 순환 신경망은 게이트 순환 유닛(Gated Recurrent Unit, GRU)을 사용한다. GRU는 순환 신경망의 장기 의존성(Long-Term Dependency) 문제 해결과 시계열 데이터와 같은 순차 데이터를 처리하는 데 효과적인 신경망 구조이다. 모의 실험에서의 성능 평가 지표는 평균 절대 오차(Mean Absolute Error, MAE)를 사용한다. 모의실험 결과를 확인했을 때 제안하는 방법은 기존 방법보다 성능이 우수하다.

### II. 시스템 모델

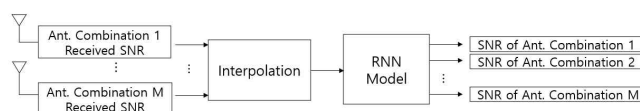


그림 1 System Model

그림 1은 제안하는 방법의 시스템 모델이다. M개의 안테나 조합으로부터 수신된 신호의 SNR을 시간 순서대로 기록하여 안테나 조합의 수 x 시간 스텝 형태의 2차원 행렬에 저장한다. 만약 실제 환경에서 특정 시간에 수신 신호가 없어 SNR을 기록할 수 없는 경우에는 보간 과정을 거친다. 제안하는 모델에서는 Linear & edge zero 보간 방법을 사용한다. 이 방법은 가장자리의 손실 SNR은 0으로 채우고 중앙부는 이전 또는 이후의 수신 SNR 값을 참고하여 선형적으로 보간하여 데이터를 채우는 방식이다. 보간 방법을 거친 후에는 순환 신경망 모델을 통해 안테나 조합 별 미래 송신 SNR을 예측한다.

### III. 제안하는 RNN 구조

기존 합성곱 신경망의 구조는 총 6개의 합성곱 신경망 계층과 1개의 완전 연결 계층으로 구성되어 있다. 필터 크기는 3 x 3이며, 깊이는 64, 64, 64, 128, 128, 128 이다. 합성곱 계층을 거친 후 배치 정규화 계층과 활성화 함수인 ReLU를 수행한다. [2] 제안하는 순환 신경망의 구조는 그림 2와 같다. 입력은 M개의 안테나 조합에 따른 과거 수신 SNR을 시간 순서대로 받는다. 총 3층의 GRU 계층과 1개의 완전 연결 계층으로 설계하고 필터의 깊이는 32, 32, 8이다. 활성화 함수(Activation Function)는 Tanh(Hyperbolic Tangent)를 사용한다. 출력은 M개의 안테나 조합 별 미래 SNR 예측값이다.

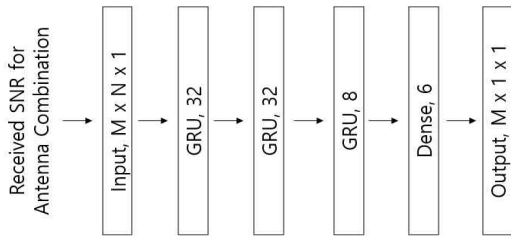


그림 2 Proposed RNN Structure

### IV. 모의실험 환경 및 결과

순환 신경망(RNN)의 입력 데이터 생성은 MATLAB, 모델을 학습하고 테스트할 때는 Tensorflow를 사용한다. 수신 안테나의 개수는 4개, 송신 안테나는 2개로 설정한다. 신호의 대역폭은 2MHz이다. 반송파 주파수는 512MHz, 채널 모델은 Rayleigh fading 채널과 Rician fading 채널을 사용하고 Rician fading 채널의 K-factor는 10dB로 설정한다. 수신 신호의 SNR 범위는 0 ~ 30dB에서 무작위로 생성하고 SNR의 샘플링 주기는 1 OFDM Symbol이다. 신호 수신 확률은 10~100% 사이로 설정한다. 학습 데이터는 200,000개, 테스트 데이터와 검증 데이터는 각각 20,000개씩 생성한다. 모델을 학습 시 옵티마이저는 Adam, 배치 사이즈(Batch Size)는 512, 학습률(Learning Rate)은 0.001이다. 에포크(Epochs)는 400이고 손실 함수는 평균 제곱 오차(Mean Squared Error, MSE)를 사용한다.

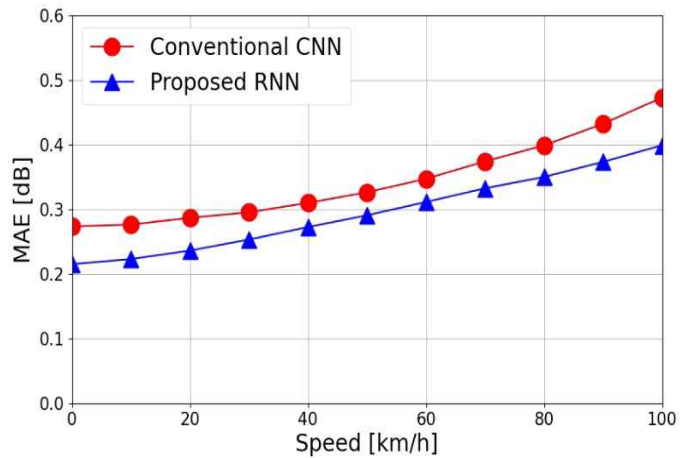


그림 3 MAE Graph for Speed

그림 3은 기존 CNN 방법과 제안하는 RNN 방법의 이동속도에 따른 MAE를 비교한 그래프다. 제안하는 방법이 기존 방법보다 0km/h에서 0.0584 dB, 100km/h에서 0.0739dB만큼 MAE가 감소했고 전체 속도에 대하여 평균 0.0488dB 감소하여 우수한 성능을 보인다.

### V. 결론

본 논문은 다중안테나를 사용하는 이동 무선통신 환경에서 순환신경망(RNN) 기반 과거 수신 신호의 안테나 조합 별 SNR을 바탕으로 미래 송신 SNR을 예측하는 방법을 제안했다. 기존에는 제안하는 방법의 RMSE를 비교했지만 본 연구에서는 MAE를 비교했다. 모의실험 결과에 따르면 제안하는 방법이 기존 방법보다 MAE가 평균 0.0488dB 감소한다. 이후 추가 연구를 통해 송신 안테나를 선택하고 MCS(Modulation Coding Scheme)를 선택하는 연구까지 진행하여 통신 신뢰성과 전송속도를 높일 수 있을 것으로 보인다.

### 참 고 문 헌

[1] Reddy, Mekala Harinath, Sheela, Divakaran, Swaminath, Amgoth "A four port circularly polarized printed multiple-input multiple-output antenna with enhanced isolation" International Journal of Communication Systems. Vol. 35 Issue 4, pp. 1-15. Mar. 2022  
 [2] Jo A Min, Oh Jeong Eun, Jeong Eui Rim\* "Deep Learning-Based Future Signal to Noise Ratio Prediction in Tactical Wireless Communication Environments" 2022 The Korean Institute of Electronics Engineers Summer Conference. Jun. 2022