

# 거대 무선 채널 모델 기반 미래 채널 예측 및 통신 환경 분류 연구

지도 교수님		양희철 교수님	
컴퓨터 융합학부		이호윤 (팀장)	202002541
인공지능학과		김가현	202202469

# CONTENTS

01

지난 발표 요약

02

교수님의 피드백

지난 시간 발표에 대한 피드백 / 담당 교수님의 피드백

03

한계점 정리

04

한계점 & 연구 갭

05

재정립한 목표

종합설계1에서 하고자하는 것

06

마무리

01

## 지난 발표 요약



### LWM

대규모 데이터를 학습하여 무선 네트워크  
환경에서 최적의 성능을 제공하는  
AI 기반 모델



### LoS / NLoS

신호 전파 경로에서 장애물이 없으면  
LoS, 장애물로 인해 신호가 반사 및  
산란되면 NLoS로 분류



### TRANSFORMER

무선 채널의 복잡한 특성을 학습하여  
효율적인 신호 예측과 모델링을 수행  
하는 딥러닝 기반 아키텍처

## POINT. 01

## 구체적인 문제 정의

정확히 LWM을 활용하여 무엇을 하고자 하는 지에 대한 구체적인 문제 정의의  
필요성 강조.

## POINT. 02

## 종합설계1 동안의 목표

한 학기 동안 진행하여 프로토타입으로 시각화하기 위한 목표 필요.

## POINT. 03

## 기능 개선 or 새로운 것

하고자 하는 것이 LWM을 활용하여 LoS/NLoS 분류를 개선하고자 하는 것인지,  
이를 활용하여 새로운 것을 진행하고자 하는 것인지 명확히 해야함.

## POINT. 04

## 최신 연구라는 한계

LWM은 최근 1년 사이에 발표된 최신 연구이므로 자료가 부족하다는 한계가 있음.  
이를 보완하기 위해 앞으로 어떤 연구와 자료를 찾아봐야할 지.

03

## 한계점 정리

POINT. 01

Machine Learning for Future Wireless Communications : Channel Prediction Perspectives

POINT. 02

Transfer Learning and Meta Learning-Based Fast Downlink Beamforming Adaptaion

POINT. 03

Massive MIMO channel prediction via meta-learning and deep denoising:  
Is a small dataset enough

## Machine Learning for Future Wireless Communications: Channel Prediction Perspectives

arXiv(2025) / <https://arxiv.org/abs/2502.18196>

### 주요 내용 요약

시간적 채널 예측과 환경 적응의 측면에서 채널 예측 방식을 소개. 이후, 기존 머신러닝 기법에서 발생하는 문제를 해결하기 위해 고도화된 ML 기반 채널 예측의 활용 방법을 다룸.



### 한계점

시간적 채널 예측과 환경 적응의 측면에서 채널 예측 방식에 대한 소개만 이루어지며 무선 채널 예측을 위한 모델을 제공하고 있지는 않음.

## Transfer Learning and Meta Learning-Based Fast Downlink Beamforming Adaptaion

IEEE(2021) / <https://ieeexplore.ieee.org/document/9257198>

### 주요 내용 요약

다중 사용자 MISO 다운링크 시스템에서 SINR 균형을 위한 빠른 적응형 빔포밍 최적화를 위해 딥전이 학습과 메타 러닝 기반의 오프라인 및 온라인 적응형 알고리즘을 제안하며 시뮬레이션 결과 메타 러닝이 우수한 성능인 것을 나타냄.



### 한계점

기존 모델이 학습된 환경과 실제 적용 환경이 크게 다르면 성능이 저하될 수 있다. 또한 파라미터 튜닝 과정이 필요할 수 있으며, 제대로 최적화되지 않으면 오히려 성능이 좋지 않을 수 있음.

03

## Massive MIMO channel prediction via meta-learning and deep denoising: Is a small dataset enough

IEEE(2023) / <https://ieeexplore.ieee.org/document/10115239>

### 주요 내용 요약

대규모 MIMO(massive MIMO) 통신 환경에서 빠르고 정확한 채널 예측을 실현하기 위해, 메타 러닝 알고리즘(NAML)과 딥 이미지 프라이어(DIP)를 결합한 새로운 접근법을 제안. 적은 양의 라벨 데이터를 활용하여도 빠르게 채널 예측 모델을 재학습 할 수 있도록 NAML을 활용. 또한 DIP를 이용해 학습 데이터에 대한 노이즈 제거 과정을 수행함으로써, 특히 낮은 SNR 환경에서의 예측 정확도를 더욱 향상 시킴.



### 한계점

새로운 테스트를 학습하는 과정에서, 이미 학습된 기존 테스트에 대한 지식이 급격히 손실 될 수 있음. 또한 메타 러닝의 다중 학습 루프 특성상, 하이퍼파라미터(학습률, 메타학습률 등)를 조정하기가 까다롭고, 적절한 튜닝이 이루어지지 않으면 학습 성능과 일반화 성능이 저하될 가능성이 있음.



### 한계점

시간적 채널 예측과 환경 적응의 측면에서 채널 예측 방식에 대한 소개만 이루어지며 무선 채널 예측을 위한 모델을 제공하고 있지 않음.

### 연구 필요성

지금까지의 시간적 채널 예측과 환경 적응에서의 예측 모델들의 단점을 보완할 수 있는 새로운 파운데이션 필요.

### 본 연구의 기여

과거의 시간적 채널 예측과 환경 적응에서의 예측 모델들의 단점을 보완하는 파운데이션으로 LWM 거대 무선 채널 모델이 나올 수 있게 기여.

### 한계점

기존 모델이 학습된 환경과 실제 적용 환경이 크게 다르면 성능이 저하될 가능성 있음. 또한 파라미터 튜닝 과정이 필요할 수 있으며, 제대로 최적화되지 않으면 오히려 성능이 좋지 않을 수 있음.

### 연구 필요성

사전 학습된 모델을 효율적으로 활용함으로써 학습 시간을 단축할 수 있다는 장점.  
다만, 한계점인 학습 환경 변화에 따른 최적화 문제만 해결된다면, 채널 예측 분야에서도 보다 효과적인 성능을 기대할 수 있을 것.

### 본 연구의 기여

본 연구에서는 변화하는 학습 환경으로 인해 발생하는 최적화 문제를 해결하기 위한 파운데이션으로 LWM이 나오게 되었으며, 자기어텐션 기법을 활용해 이러한 최적화 문제를 해결할 수 있는 토대 마련.

## Massive MIMO channel prediction via meta-learning and deep denoising: Is a small dataset enough

### 한계점

새로운 테스트를 학습하는 과정에서, 이미 학습된 기존 테스트에 대한 지식이 급격히 손실 될 수 있음. 또한 메타 러닝의 다중 학습 루프 특성상, 하이퍼파라미터 (학습률, 메타학습률 등)를 조정하기가 까다롭고, 적절한 튜닝이 이루어지지 않으면 학습 성능과 일반화 성능이 저하될 가능성 있음.

### 연구 필요성

기존 테스트에 대한 지식의 급격한 손실 위험과 다중 학습 루프 구조로 인한 하이퍼파라미터(학습률, 메타학습 등) 튜닝이 까다로운 단점을 보완하는 학습 환경 변화에 맞춘 최적화 전략을 마련하고, 효율적인 하이퍼파라미터 조정 방법을 연구할 필요가 있음.

### 본 연구의 기여

Massive MIMO 연구는 대규모 안테나 배열을 활용하여 복잡한 무선 채널 환경을 깊이 이해할 수 있는 기반 마련. 이 과정에서 제시된 효율적인 채널 추정 및 예측 기법은 본 연구에 큰 시사점을 주었으며, 복잡한 무선 환경에서도 경량화 모델을 활용해 높은 학습 효율을 달성할 수 있도록 도움을 줌

LWM를 활용한

## 시간 변화에 따른 무선 채널의 변화 예측

- 연구 배경 : 무선 채널은 시간에 따라 LoS/NLoS 변화, 간섭, 반사 등의 영향을 받아 변동하며, 이를 정확히 예측하는 것은 통신 품질 향상에 필수적.
- 기술 접근 : DeepMIMO의 동적 시나리오를 활용하여 시간에 따른 LWM 기반 채널 변화 예측
- 예상 결과 : 학습된 모델을 통해 시간 흐름에 따른 빔포밍 예측과 LoS/NLoS를 분류하여 예측 성능 분석 및 최적화

감사합니다